

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

# **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО НАВЧАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРАКТИКИ**

*(для студентів 1 – 3 курсів денної форми навчання напрямів  
підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»,  
6.060101 «Будівництво», 6.060102 «Архітектура»)*

**ХАРКІВ – ХНАМГ – 2013**

Методичні вказівки до навчальної геодезичної практики (для студентів 1 – 3 курсів денної форми навчання напрямів підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій», 6.060101 «Будівництво», 6.060102 «Архітектура») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: І. С. Глушенкова, О. В. Постоєнко, В. В. Умніцин. – Х.: ХНАМГ, 2013. – 44 с.

**Укладачі:** І. С. Глушенкова, О. В. Постоєнко, В. В. Умніцин

**Рецензент:** к. т. н., доцент П. І. Лоцман

**Рекомендовано кафедрою** *Геоінформаційних систем і геодезії*  
протокол № 4 від 10 листопада 2009 р.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальні положення.....	5
1.1 Організація практики.....	5
1.2 Інструкція з охорони праці та техніці безпеки.....	6
1.3 Поводження з геодезичним приладом.....	8
2 Підготовка приладів до вимірювань.....	9
2.1 Перевірки та юстування теодоліта.....	9
2.2 Перевірки і юстування нівеліра.....	14
3 Елементи геодезичних вимірювань.....	18
3.1 Вимірювання кутів.....	18
3.1.1 Вимірювання горизонтальних кутів.....	19
3.1.2 Вимірювання вертикальних кутів або кутів нахилу.....	20
3.1.3 Вимірювання магнітного азимута на пряму.....	22
3.2 Вимірювання довжин ліній.....	22
3.2.1 Вимірювання довжин ліній мірною стрічкою.....	23
3.2.2 Вимірювання ліній нитковим віддалеміром.....	24
3.3 Визначення перевищень.....	25
3.3.1 Визначення перевищень методом геометричного нівелювання.....	26
3.3.2 Визначення перевищень методом тригонометричного нівелювання.....	28
4 Побудова геодезичної основи для топографічних знімань.....	29
4.1 Проектування теодолітного ходу та закріплення точок ходу.....	29
4.2 Вимірювання горизонтальних кутів та сторін теодолітного ходу.....	31
4.3 Прокладання ходу технічного нівелювання по точкам теодолітного ходу.....	32
4.4 Математична обробка теодолітного ходу.....	32
4.5 Математична обробка результатів нівелювання.....	35
5 Топографічне знімання місцевості.....	37
5.1 Теодолітна (горизонтальна) зйомка.....	37
5.2 Висотна зйомка.....	40
5.3 Тахеометрична зйомка.....	41
5.4 Математична обробка результатів топографічного знімання.....	42
5.5 Складання топографічного плану місцевості масштабу 1:500.....	42
Список джерел.....	43

## ВСТУП

Навчальна геодезична практика є продовженням теоретичного курсу в польових умовах.

Мета практики – закріплення і поглиблення знань, отриманих студентами під час вивчення теоретичного курсу, набуття практичних навичок роботи з геодезичними інструментами, оволодіння технікою виконання на місцевості різних геодезичних робіт, розв'язання геодезичних задач, ознайомлення з організацією польових робіт.

Практика проводиться відповідно до навчальної програми у встановлені наказом по академії терміни.

Склад робіт залежить від спеціальності, а конкретні завдання під час виконання різних геодезичних робіт встановлюються керівником практики залежно від спеціалізації.

Унаслідок проходження практики студенти мають уміти виконувати топографо-геодезичні роботи і вирішувати інженерно-геодезичні задачі, володіти технікою геодезичних вимірювань і побудов, а також проводити математичну обробку та необхідні розрахунки.

При складанні методичних вказівок були використані матеріали з організації та проведення навчальної геодезичної практики, розроблені колективом кафедри в попередні роки.

# 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

## 1.1. Організація практики

До навчальної геодезичної практики допускаються студенти, які склали іспит (залік) з геодезії та оформлені наказом по академії.

Тривалість практики визначається навчальним планом.

Для проходження практики кожна навчальна група ділиться на бригади по 5-7 осіб на чолі з бригадиром за принципом однакової працездатності бригад і психологічної сумісності членів бригади. Бригадир є відповідальним за організацію роботи в бригаді, дисципліну, збереження інструментів та майна, стежить за тим, щоб кожен студент брав участь у всіх видах робіт. Склад бригади не міняється протягом усього періоду практики.

Перед початком польових робіт студенти проходять інструктаж з охорони праці (розділ 1.2), результати якого фіксуються в спеціальному журналі, уважно вивчають правила поведінки з геодезичними приладами (розділ 1.3).

Студент при проходженні геодезичної практики зобов'язаний:

- бути на місці роботи в призначений час і брати активну участь у виконанні робіт за програмою практики. У дощову погоду студенти з'являються на практику як зазвичай і займаються камеральними роботами;
- берегти геодезичні прилади, суворо виконуючи правила поведінки з ними;
- виконувати правила охорони праці;
- дотримуватися правил поведінки та розпорядку дня, встановлений на період проходження практики;
- не відлучатися з практики без дозволу безпосереднього керівника практики;
- підтримувати чистоту у займаних аудиторіях та на полігоні практики.

Для виконання завдань бригаді видаються з геокамери необхідний комплект геодезичних приладів та інструментів, журнали вимірювань та бланки для обчислень. Отримання інструментів оформлюється розпискою за підписом всіх членів бригади і завідувача геокамерою. Під час проходження практики передача інструментів іншій особі категорично забороняється.

Перед виконанням наступного виду робіт студентам необхідно ознайомитися зі змістом роботи в цілому, вивчити методику її виконання, вислухати пояснення викладача. Бригада приступає до виконання кожного наступного виду робіт лише після завершення попереднього завдання і пред'явлення викладачеві всіх необхідних матеріалів.

Всі записи в польових журналах необхідно виконувати чітко, кульковою ручкою або простим олівцем, тому що первинна геодезична документація носить характер юридичних записів. виправлення цифр, підчистки та інше в польових журналах не допускаються. Невірно записані результати (числа) слід закреслити однією рисою, а правильно записати на новому місці. У випадку виявлення в польових вимірах помилок, що перевищують допуски, виконують повторні виміри. Графічне оформлення робіт повинно виконуватись ретельно і в повній відповідності з наведеними зразками робіт.

До заліку по практиці допускається бригада, що виконала всі роботи, представила оформлені «Матеріали навчальної геодезичної практики» і довідку з геока-

мері про здані в справності інструменти, прилади. Залікова оцінка по практиці ставиться керівником практики на підставі індивідуального опитування студента, ступені участі його у всіх видах робіт, якості польових вимірювань, записів, точності роботи, ретельності виконання обчислювальних і графічних робіт.

## ***1.2. Інструкція з охорони праці***

### ***Загальні положення***

До проходження навчальної геодезичної практики допускаються студенти, що пройшли на робочому місці інструктаж з охорони праці та перевірку теоретичних знань з обов'язковим розписом в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Геодезичні роботи на навчальній практиці геодезичної повинні виконуватися відповідно до програми та графіком робіт при строгому дотриманні трудової дисципліни та правил безпеки.

### ***Вимоги безпеки перед початком роботи***

Приступаючи до роботи необхідно:

- усвідомити методику роботи, правила її безпечного виконання;
- ретельно оглянути геодезичні прилади та інструменти, звертаючи особливу увагу на комплектність інструменту, цілісність оптики, наявність робочих і виправних гвинтів, плавність обертання гвинтів і зорової труби.

Сокири та молотки повинні бути щільно насажені з розклиненням, а їх рукоятки мають бути без задирок і мати потовщення до вільного кінця.

Ящики для інструментів повинні мати міцно закріплені ручки та ремені, а складні рейки - справні гвинти в місцях кріплення.

Про виявлені несправності необхідно повідомити викладачеві або завідувачу лабораторією. Виявлені несправності підлягають усуненню і тільки після цього можна ними користуватися.

Забороняється приступати до роботи при виявленні несправності обладнання.

### ***Вимоги безпеки під час роботи***

При проведенні робіт необхідно:

- точно дотримуватися порядку і послідовності операцій, зазначених у методичних вказівках;
- дбайливо поводитися з виданими інструментами та приладами, вимагаючи того ж від усіх осіб, з ними працюючих;
- переносити віхи, штативи та інші інструменти, що мають гострі кінці, дозволяється тільки тримаючи їх гострими кінцями вниз. Сокири, молотки переносяться до місця роботи і назад у брезентовому чохлі або мішку. При переходах по вулицях забороняється носити рейки на плечах. Переносити їх слід тільки в руках, вертикально та складеними при міцному закріпленні відповідних гвинтів;
- геодезичні інструменти мають бути міцно закріплені на штативах;
- при переході через дорогу слід керуватися правилами, встановленими для пішоходів. Особливої обережності слід дотримуватися при переході на перехрестях вулиць. При веденні робіт уздовж доріг і проїздів необхідно виділити сигнальника з прапорцями для застереження бригади про наближення транспорту;

– вимірювання висоти проводів ліній електропередач слід виконувати тільки аналітично.

Під час проходження навчальної геодезичної практики студентам суворо забороняється:

– залишати без нагляду геодезичні прилади та інструменти. Не дозволяється залишати рейки, притулені до будівель і дерев, мірні стрічки на проїжджій частині доріг;

– не можна залишати інструмент на штативі, не закріпивши його становим гвинтом;

– проводити самостійно розбірку, ремонт або юстування обладнання;

– перекидати один одному будь-які речі;

– забороняється піднімати рейки, вішки та інші предмети до проводів ліній електропередач, до контактної мережі трамвайних або тролейбусних ліній;

– забороняється проводити роботи у смузі відчуження високовольтних ліній електропередач, електропідстанцій без узгодження з відповідними організаціями;

– польові роботи повинні бути припинені при наближенні грози. Під час грози небезпечно перебувати під деревами і притулятися до їх стовбурів, бути близько від громовідводів, високих предметів (стовпів, що стоять окремо, дерев та ін.), контактної електромережі, високовольтних ліній;

– забороняється працювати голими, а в сонячні дні - з непокритою головою. Не дозволяється працювати босоніж, лежати на сирій землі і сидіти на камінні, пити холодну воду, будучи розпаленим;

– суворо забороняється наносити пошкодження деревам, лісонасадженням, руйнувати шпаківні, мурашники, засмічувати територію;

– залишати базу практики без узгодження з керівником практики.

### ***Вимоги безпеки після закінчення роботи***

Привести своє робоче місце в порядок, очистити інструменти від бруду, пилу.

Інструмент наприкінці робочого дня повинен бути зданий в комору геодезичних інструментів.

Повідомити керівнику практики або завідувачу лабораторією про всі недоліки, виявлені в процесі виконання роботи.

### ***Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях***

При роботі на навчальній практиці геодезичної можуть відбутися наступні випадки:

– отримання травми від падіння приладу, гострого предмету, при переході автодороги, під час грози і за інших обставин;

– різке погіршення самопочуття працюючого.

Правила поведінки при аварійних ситуаціях:

– при погіршенні самопочуття негайно покинути робоче місце, повідомивши керівника і при необхідності звернутися до лікаря.

Про кожний нещасний випадок, що стався під час проходження навчальної геодезичної практики, потерпілий або очевидець нещасного випадку негайно сповіщає керівника практики, завідувача лабораторією або завідувача кафедри. Останні повинні негайно організувати першу допомогу потерпілому і направи-

ти його в медичний пункт, повідомити про подію відділ охорони праці, адміністрації академії, зберігши до розслідування обстановку на робочому місці і стан устаткування таким, яким воно було у момент події, якщо воно не загрожує життю і здоров'ю оточуючих.

Термінова медична допомога включає наступні заходи:

- надання термінової першої медичної допомоги потерпілому в залежності від характеру і виду травми, нещасного випадку або раптового захворювання;
- надання швидкої доставки потерпілого до лікувальної установи.

Інструкція з охорони праці № 321 при проведенні навчальної геодезичної практики затверджена ректором ХНАМГ Бабаєвим В.М. від 27 04 2012 р.

### ***1.3. Поводження з геодезичним приладом***

При отриманні приладів з геокамери необхідно звернути увагу на:

- комплектність приладу;
- цілісність оптики, стекол, рівнів;
- наявність робочих і виправних гвинтів;
- плавність обертання робочих гвинтів, зорової труби;
- якість зображення предмета, сітки ниток, роботи рівнів і відлікових систем.

При виявленні несправностей при отриманні приладів або при виконанні перевірок бригадир доводить до відома викладача та інструмент передається в геокамеру для його заміни, ремонту або юстування.

Матеріальну відповідальність за втрату і поломку геодезичних приладів та обладнання, методичних посібників, господарського інвентарю несе бригада в цілому.

Після закінчення польових робіт студенти, з дозволу керівника практики, здають прилади в геокамеру. Перед здачею приладів необхідно перевірити їх комплектність, очистити від бруду, пилу, вологи і змазати. Співробітник кафедри, який видав інструмент, приймає інструмент, що здається, попередньо оглянувши його.

Прилади з геокамери на ділянку робіт переносять у футлярах. При вийманні приладу з футляра потрібно запам'ятати положення, в якому він там знаходився. Перед тим, як вийняти прилад, необхідно відпустити всі закріплені гвинти, зажими. При укладанні приладів у футляр не можна докладати зусиль.

Штатив потрібно встановлювати так, щоб він забезпечував необхідну стійкість; ніжки його мають бути розставлені таким чином, щоб вони не заважали при вимірах і були висунуті настільки, щоб забезпечувалася зручність спостережень. Башмаки ніжок штатива повинні бути надійно втиснені у ґрунт. При встановленні штатива необхідно стежити за тим, щоб положення голівки штативу було горизонтальне.

Прилад, вийнятий з футляра, ставлять на штатив, і, утримуючи його в цьому положенні однією рукою, іншою рукою вгвинчують становий гвинт.

Не рекомендується надмірно затягувати закріпні гвинти. Перш ніж обертати яку-небудь частину приладу, треба переконатися, що відповідний закріпний гвинт ослаблено.

Прилад потрібно захищати від вітру, дощу і від прямих сонячних променів (парасолькою чи чохлом). Не можна торкатися пальцями оптичних деталей.



Треба видаляти з них пил м'яким волосяним пензликом, після чого протирати деталі чистою м'якою ганчіркою.

Переносити прилад з однієї станції на іншу можна на штативі при туго затягнутому становому гвинті й ослаблених закріпних гвинтах. Переносити теодоліт, нівелір з рівнем на плечі слід так, щоб вертикальна вісь інструмента займала приблизно прямовисне положення; при цьому необхідно дві ніжки штатива скласти разом і утримувати їх руками, а третю перекинути на спину, пересуватися плавно, без ривків чи поштовхів.

Нівеліри з компенсаторами треба переносити в положенні, зазначеному інструкцією для даного типу нівеліра, коли розвантажені підвіски компенсатора, без струсу, поштовхів, різких рухів.

Мірні стрічки і рулетки при вимірах необхідно охороняти від можливих зламів, від переїзду через них транспортних засобів. Розмотують стрічку, не допускаючи утворення петель. Розгорнуту стрічку переносять двоє, тримаючи її за кінці.

Рейки, вішки не можна кидати; на них не можна носити речі, сидати на них; необхідно охороняти поділки шкали рейки від стирання о ґрунт.

При укладанні приладу в шухляду не припустиме застосування сили, перед перенесенням приладу у футлярі необхідно закріпити всі закріпні гвинти.

## 2. ПІДГОТОВКА ПРИЛАДІВ ДО ВИМІРЮВАНЬ

### 2.1 Перевірки та юстування теодоліта

До теодоліта ставиться ряд вимог, пов'язаних з взаємним розташуванням його основних осей (рис. 2.1):  $UU' \perp II'$ ,  $HH' \perp II'$ ,  $HH' \parallel UU'$ ,  $VV' \perp HH'$ ,

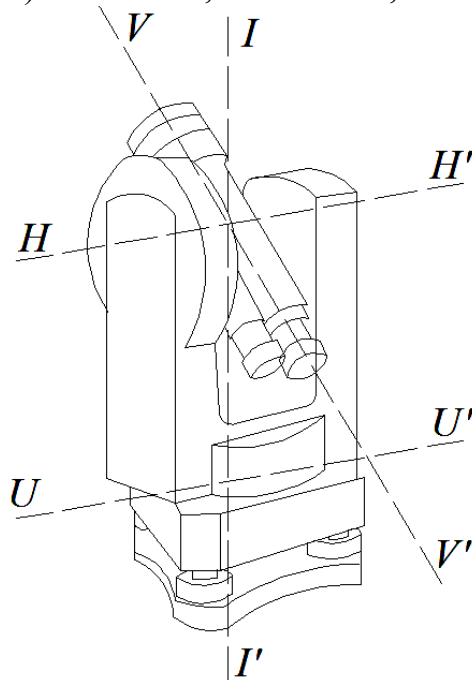


Рис. 2.1 - Основні осі теодоліта

де  $II'$  - вертикальна вісь (вісь обертання горизонтального кола);

$HH'$  - горизонтальна вісь (вісь обертання зорової труби);

$UU'$  - вісь рівня горизонтального кола (дотична до внутрішньої поверхні ампули в нуль-пункті);

$VV'$  - візирна вісь (пряма, що проходить через оптичний центр об'єктива і перехрестя сітки ниток).

Перевірки виконують для того, щоб переконатися у виконанні умов взаємного розташування геометричних осей теодоліта. У випадку перевищення допустимого відхилення здійснюють юстування приладу, тобто виправляють положення його геометричних елементів.

### ***Перевірка зовнішнього стану і комплектності теодоліта***

Перевірку проводять візуальним оглядом. Теодоліт повинен відповідати таким основним вимогам:

- комплектність приладу повинна відповідати паспортним даним, вимогам ГОСТ 10529-86 і технічній нормативній документації;
- прилад і футляр не повинні мати механічних пошкоджень, слідів корозії та інших дефектів, які ускладнять роботу з ним та вплинуть на експлуатаційні властивості, метрологічні характеристики та збереження приладу;
- теодоліт повинен мати якісну оптичну систему: чисті поля зору зорової труби, оптичного центрира і відлікового мікроскопа. Спостереженням в окуляри відповідних оптичних систем, перевіряють якість нанесення штрихів на лімбах та сітках ниток. Не допускаються дефекти, що заважають використанню теодоліта по своєму призначенню.

### ***Перевірка працездатності теодоліта***

Перевірку працездатності теодоліта проводять після установки і закріплення його на штативі. Теодоліт закріплюють становим гвинтом так, щоб підйомні гвинти оберталися вільно.

Відкріпити закріпні гвинти алідади та зорової труби і обертанням від руки перевірити плавність обертання алідади та зорової труби. Закріпивши гвинти алідади та зорової труби і відкріпивши гвинт лімба, перевірити надійність закріплення лімба. Закріпивши гвинт лімба, перевірити надійність закріплення лімба, алідади та труби.

При закріпленому положенні закріпних гвинтів перевірити роботу навідних гвинтів лімба, алідади та труби. При їх обертанні труба повинна плавно переміщуватися у горизонтальній і вертикальній площинах при обертанні навідних гвинтів як по ходу, так і проти годинникової стрілки.

Спостереженням через зорову трубу перевірити роботу фокусуючих пристроїв труби. Для цього обертанням діоптрійного кільця фокусувати сітку ниток, тобто домогтися чіткості її зображення. Після цього обертанням кремальєри домогтися чіткого зображення як віддалених, так і близько розташованих предметів.

Перевірити якість зображення відлікових шкал в мікроскопі. Для цього обертанням круглого дзеркальця домогтися повного висвітлення шкал і обертанням діоптрійного кільця мікроскопа - чіткого їх зображення. Чіткість зображення штрихів шкал і оцифрування повинна зберігатися за всьому полю зображення мікроскопа.

Перевірити плавність обертання підйомних гвинтів.

Перевірити цілісність виправних гвинтів циліндричного рівня та сітки ниток.

### ***Перевірка циліндричного рівня***

Геометрична умова: вісь циліндричного рівня повинна бути перпендикулярна вертикальній осі приладу.

Обертанням алідади ГК встановлюють циліндричний рівень за напрямком двох піднімальних гвинтів і, обертаючи ці гвинти в різні сторони, приводять пухирець рівня в нуль-пункт (рис. 2.2). Повертають алідаду на  $90^\circ$  та обертанням третього гвинта знов приводять пухирець рівня в нуль-пункт. Обертають алідаду на  $180^\circ$ . Пухирець рівня повинен залишатися в нуль-пункті.

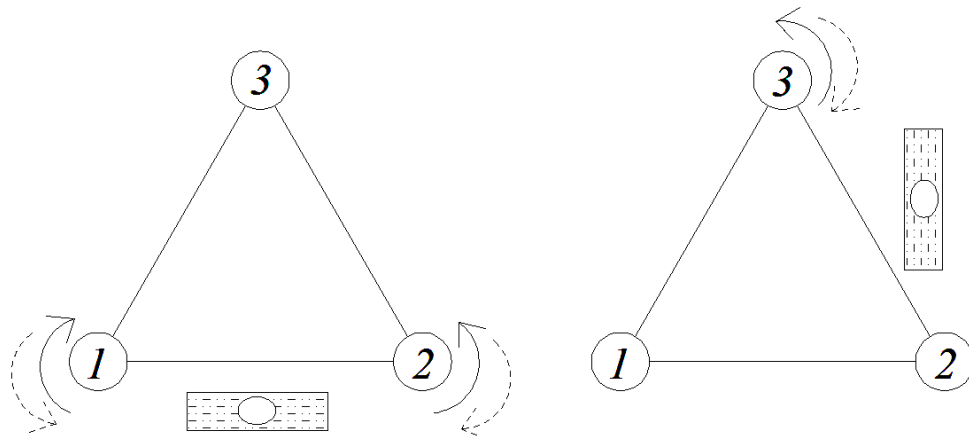


Рис. 2.2– Перевірка циліндричного рівня

Якщо пухирець рівня відхилився від нуль-пункту більш ніж на одну поділку ампули рівня, то виправними гвинтами рівня переміщують пухирець у напрямку до нуль-пункту на половину дуги відхилення та повторюють перевірку.

Геометрична умова виконується, коли пухирець рівня відхиляється від нуль-пункту на величину дуги, меншу однієї поділки ампули рівня.

### **Перевірка сітки ниток**

Геометрична умова: Вертикальний штрих сітки ниток зорової труби повинен бути прямовисним, коли вертикальна вісь приладу прямовисна.

Привівши вісь обертання в прямовисне положення, візують на обрану точку *A* так, щоб її зображення знаходилося на верхньому (чи нижньому) кінці вертикальної нитки (рис. 2.3). Потім, обертаючи навідний гвинт зорової труби, стежать за положенням точки. При дотриманні умови точка повинна залишатися на вертикальній нитці.

Якщо точка зміщується на величину, більшу ніж одна третя величини бісектора, то виконують юстування. Для цього потрібно відгвинтити і зняти ковпачок, що закриває юстувальні гвинти сітки. Гвинти легенько відпускають та повертають сітку на необхідний кут. Закріплюють гвинти сітки ниток і повторюють перевірку.

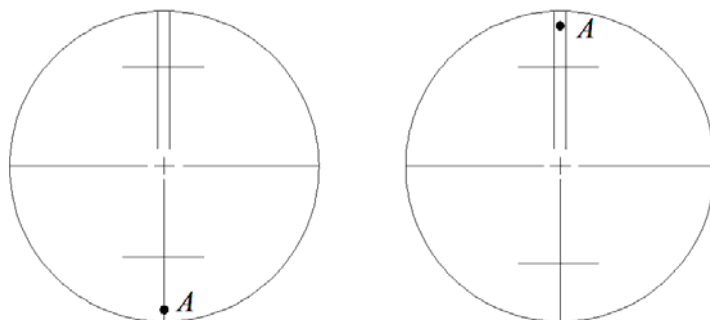


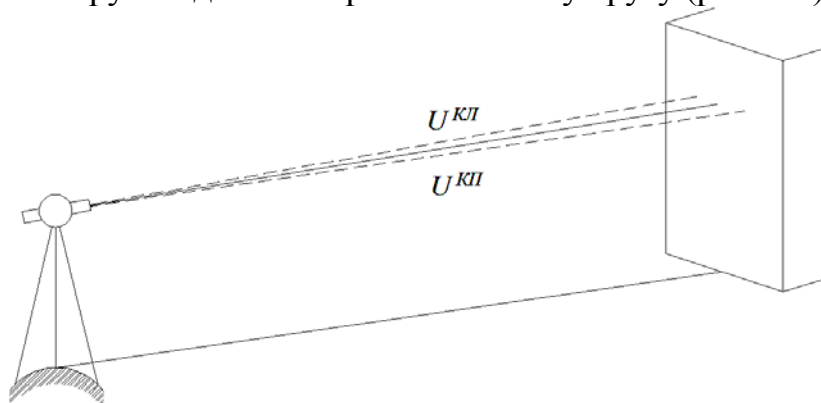
Рис. 2.3– Перевірка сітки ниток

### ***Перевірка колімаційної похибки***

Геометрична умова: Візирна вісь зорової труби повинна бути перпендикулярна до осі обертання труби.

Кут з відхилення візирної осі труби від перпендикуляра до горизонтальної осі обертання труби називають колімаційною похибкою.

Для визначення колімаційної похибки вибирають точку на окремому добре видимому предметі, що знаходиться приблизно на одному рівні з теодолітом. Візують на обрану точку, при положенні круга ліво (КЛ) і беруть відлік по горизонтальному кругу. Потім переводять трубу через зеніт, візують на ту ж точку при крузі право (КП) і знов беруть відлік по горизонтальному кругу (рис. 2.4).



*Рис. 2.4 - Перевірка колімаційної похибки*

Величину колімаційної похибки визначають за формулою (2.1):

$$c = \frac{U^{КЛ} - U^{КП} \pm 180^\circ}{2} . \quad (2.1)$$

Геометричну умову можна вважати виконаною, якщо  $c \leq \pm 1,5'$ .

Якщо умова не виконується, то теодоліт повертають в геокамеру і отримують інший.

### ***Перевірка осі обертання зорової труби***

Геометрична умова: Вісь обертання зорової труби повинна бути перпендикулярна до вертикальної осі теодоліта.

Встановлюють теодоліт на відстані 20-30 м від стіни будинку. Вибирають високо розташовану над теодолітом точку  $P$  (щоб кут нахилу променя візування на неї був більше  $30^\circ$ ).

Далі перевірка виконується так само, як при визначенні колімаційної похибки.

Для досягнення підвищеної точності перевірку виконують лінійним способом. Візують на обрану точку при КЛ, беруть відлік по вертикальному кругу (ВК) та при закріпленому горизонтальному крузі проєктують точку  $P$  на низ стіни, роблять позначку. Повторюють дії при КП. Лінійкою вимірюють відстань  $a$  у міліметрах між проєкціями точки  $P$  при двох положеннях зорової труби (рис. 2.5).

Кут нахилу горизонтальної осі теодоліта  $i$  обчислюють за формулою (2.2):

$$i = \frac{a}{2d} \rho'' \operatorname{tg} v , \quad (2.2)$$

де  $d$  – відстань від теодоліта до лінійки у міліметрах;

$v$  – кут нахилу зорової труби при візуванні на точку  $P$ ;

$\rho'' = 206265''$ .

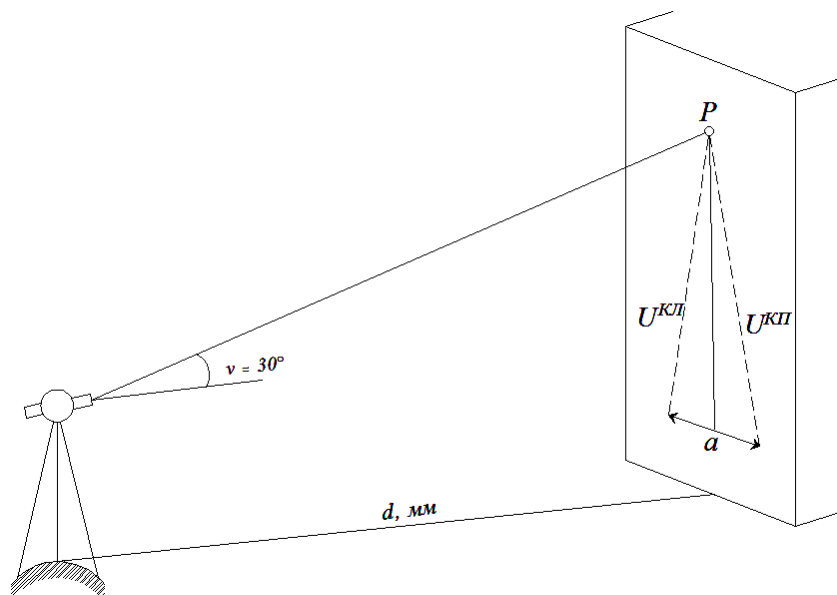


Рис. 2.5 – Перевірка осі обертання зорової труби

Допустиме значення кута нахилу горизонтальної осі теодоліта  $i$  не повинне перевищувати  $10''$ .

У разі невиконання перевірки теодоліт повертають в геокамеру. Юстування виконують у спеціальних майстернях.

### **Перевірка місця нуля вертикального круга**

Умова: Місце нуля вертикального круга повинне бути постійним і близьким до нуля.

Місцем нуля (МО) називають відлік по вертикальному кругу при горизонтальному положенні візирної осі труби і осі рівня.

Значення МО встановлюють візуванням на далеко розташовану точку (бажано ближче до обрію) при двох положеннях зорової труби (рис. 2.6). Беруть відліки по вертикальному кругу та обчислюють МО за формулою (2.3):

$$\text{для 2Т30М, 2Т15МКП: } MO = \frac{U^{КЛ} + U^{КП} (+180^\circ) + 360^\circ}{2}$$

(+180° якщо  $U^{КЛ}$  або  $U^{КП}$  менше 90°)

або (2.3)

$$\text{для 4Т30П, 2Т30П, 2Т5К: } MO = \frac{U^{КЛ} + U^{КП}}{2}$$

Для того, щоб переконатися у постійності МО виконують визначення його за декількома точками. Отримані значення МО не повинні відрізнятися одне від одного більше, ніж на подвійну точність відлікового пристрою.

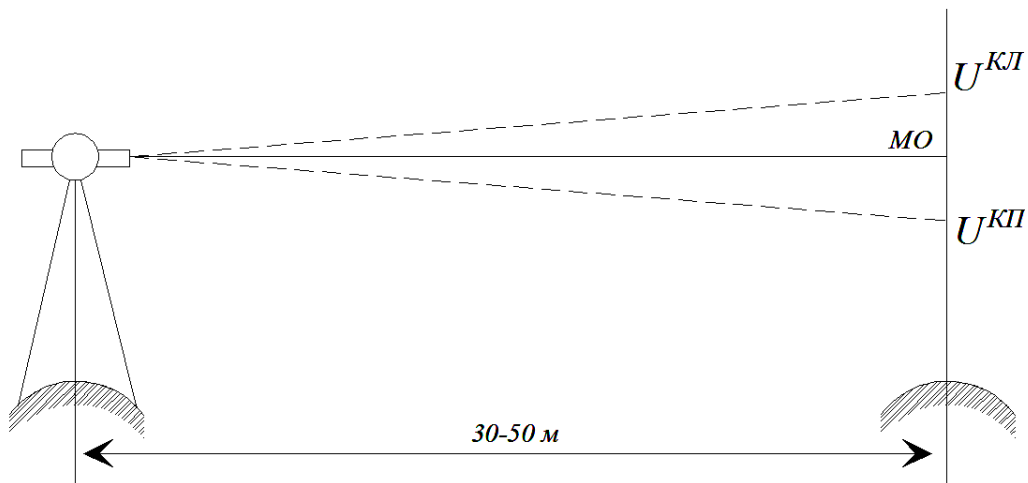


Рис. 2.6 – Перевірка місця нуля вертикального круга

### Звітні матеріали

За результатами перевірок теодоліта робиться висновок про придатність приладу до роботи.

Матеріали перевірок оформлюють належним чином та додають до звіту з практики.

### 2.2 Перевірки і юстування нівеліра

До нівеліра ставиться ряд вимог, пов'язаних з взаємним розташуванням його основних осей (рис. 2.7):  $VV' \parallel UU'$ ,  $II' \parallel ZZ'$ ,  $UU' \perp ZZ'$ ,  $VV' \perp ZZ'$ ,

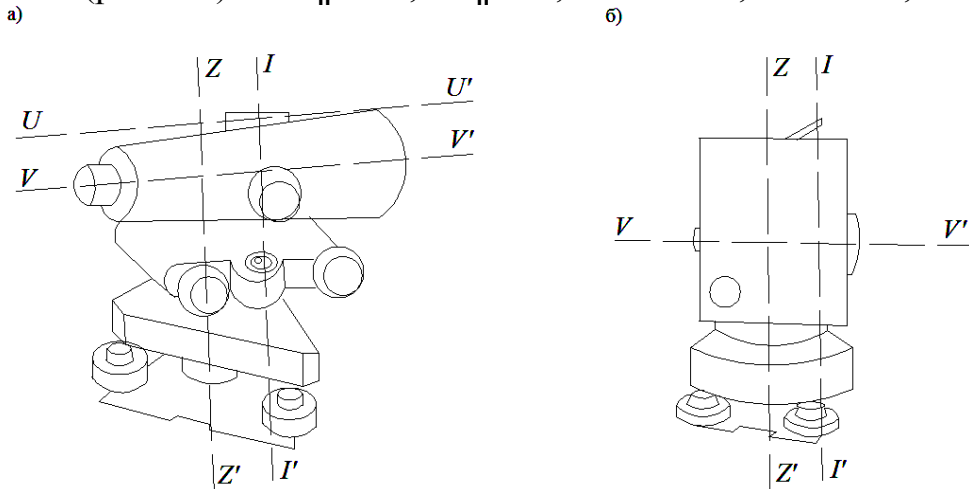


Рис. 2.7 – Основні осі нівеліра (а – з рівнем, б – з компенсатором)

де  $ZZ'$  – вісь обертання нівеліра;

$VV'$  – візирна вісь труби;

$UU'$  – вісь циліндричного рівня;

$II'$  – вісь круглого рівня.

При виконанні перевірок контролюють правильність взаємного розташування осей і частин нівеліра.

Перевірки і юстировки нівелірів з рівнем:

#### Перевірка зовнішнього стану і комплектності нівеліра

Перевірку проводять візуальним оглядом. Нівелір повинен відповідати таким основним вимогам:

– комплектність приладу повинна відповідати паспортним даним, вимогам ГОСТ 10529-86 і технічній нормативній документації;

– прилад і футляр не повинні мати механічних пошкоджень, слідів корозії та інших дефектів, які ускладнять роботу з ним та вплинуть на експлуатаційні властивості, метрологічні характеристики та збереження приладу;

– нівелір повинен мати якісну оптичну систему, чисті поля зору зорової труби. Спостереженням в окуляр перевіряють якість нанесення штрихів сітки ниток. Не допускаються дефекти, що заважають використанню нівеліра по своєму призначенню.

### ***Перевірка працездатності нівеліра***

Нівелір оглядають після установки на штатив і закріплення його становим гвинтом. При огляді не обходимо переконається в дотриманні наступних вимог до нівеліра:

– Верхня частина нівеліра повинна обертатися вільно, без затримок.

– При плавному обертанні елеваційного гвинта нівеліра з циліндричним рівнем візирна вісь повинна переміщуватися плавно.

– Обертання діоптрійного кільця окуляра зорової труби і мікроскопа повинно здійснюватися плавно.

– Зображення предмета, сітки ниток (і бульбашки рівня у нівелірів з рівнем) в полі зору труби повинні бути чіткими.

– Підйомні гвинти не повинні мати пошкоджень різьби, а обертання їх повинно здійснюватися плавно без зусиль.

– При огляді рейок необхідно звернути увагу на збереження п'ят і роботу замку у складних рейок. П'яти пари рейок повинні мати однакові значення.

### ***Перевірка круглого рівня***

Геометрична умова: вісь круглого рівня повинна бути паралельна вертикальній осі обертання нівеліра.

Підйомними гвинтами приводять бульбашку круглого рівня на середину (рис. 2.8) і повертають нівелір на  $180^\circ$  навколо вертикальної осі. Якщо бульбашка рівня змістилася з середини, то її переміщують виправними гвинтами рівня на половину відхилення. Перевірку і виправлення виконують декілька разів.

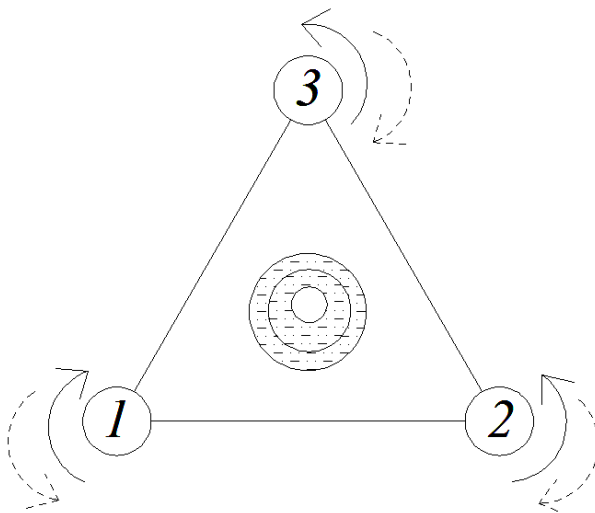


Рис. 2.8 – Перевірка круглого рівня

### Перевірка сітки ниток

Геометрична умова: горизонтальний штрих сітки ниток повинен бути перпендикулярний до вертикальної осі обертання нівеліра.

На рейку, встановлену прямовисно в 40-50 м від нівеліра, наводять трубу так, щоб зображення рейки вийшло в край поля зору, після чого беруть відлік по рейці. Потім трубу повертають навідним гвинтом нівеліра доти, поки зображення рейки зміститься в протилежний край поля зору труби, і беруть після цього другий відлік по рейці (рис. 2.9).

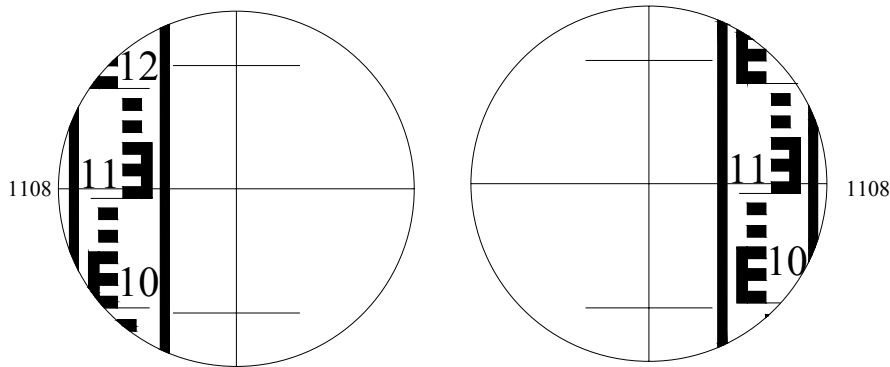


Рис. 2.9 – Перевірка сітки ниток

Якщо відліки не відрізняються більш ніж на 1 мм - умова виконується. У противному разі необхідно на середній відлік повернути сітку ниток, ослабивши торцеві гвинти сітки.

### Перевірка головної умови

Геометрична умова: візирна вісь труби повинна бути паралельна осі циліндричного рівня.

Перевірку головної умови нівеліра виконують подвійним нівелюванням точок лінії способом нерівних пліч.

Лінію  $AB$  довжиною 60-70 м закріплюють на місцевості двома колами чи нівелірними башмаками, або вибирають її між стійко вкопаними в ґрунт каменями.

Нівелір встановлюють так (рис. 2.10), щоб об'єктив знаходився над точкою  $A$ . Рейку ставлять прямовисно на т.  $A$  і вимірюють по ній відстань від точки  $A$  до верхньої точки циліндра об'єктива. Середнє значення є висота променя візування над т.  $A$  -  $J_A$ .

За рейкою в точці  $B$  беруть відлік  $U_B$  у момент, коли бульбашка рівня знаходиться в нуль-пункті. Потім нівелір встановлюють у точці  $B$  і вимірюють  $J_B$ , а за рейкою в т.  $A$  беруть відлік  $U_A$ .

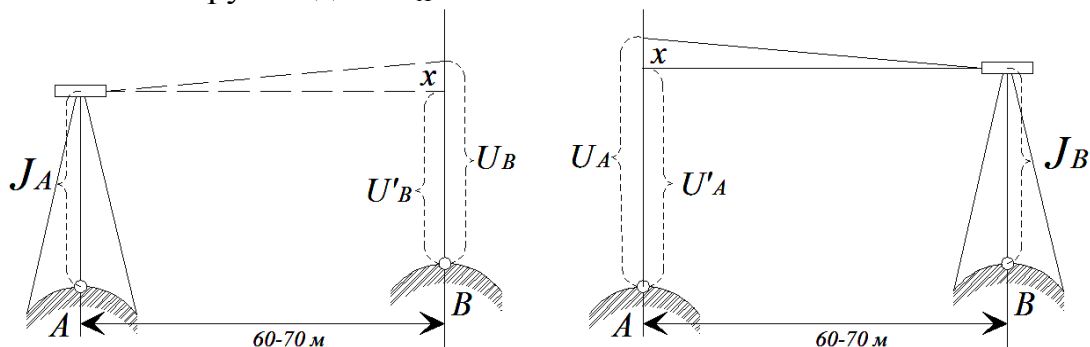


Рис. 2.10 – Перевірка головної умови



Обчислюють величину  $x$  за формулою (2.4):

$$x = \frac{U_A + U_B}{2} - \frac{J_A + J_B}{2} \quad (2.4)$$

Умова практично виконується, якщо  $x < \pm 4$  мм. У противному разі обчислюють правильний відлік  $U_A$ , що повинен бути при горизонтальному промені візування. Елеваційними гвинтами виводять перехрестя сітки ниток на цей відлік, та виправними гвинтами рівня виводять бульбашку рівня в нуль-пункт.

Перевірки і юстировки нівелірів з компенсатором:

**Перевірка зовнішнього стану і комплектності нівеліра, перевірка працездатності нівеліра, перевірка круглого рівня, перевірка сітки ниток** виконується так само, як у нівеліра з рівнем.

### **Перевірка головної умови**

Геометрична умова: лінія візування повинна бути горизонтальна в межах роботи компенсатора.

Виконується так само, як у нівеліра з рівнем. При невиконанні умови вертикальними виправними гвинтами сітки ниток встановлюють її на правильний відлік  $U_A$ , що повинен бути при горизонтальному промені візування.

### **Перевірка похибки компенсації**

Геометрична умова: візирна вісь повинна бути горизонтальна при нахилах осі нівеліра в межах розрахованого кута компенсації.

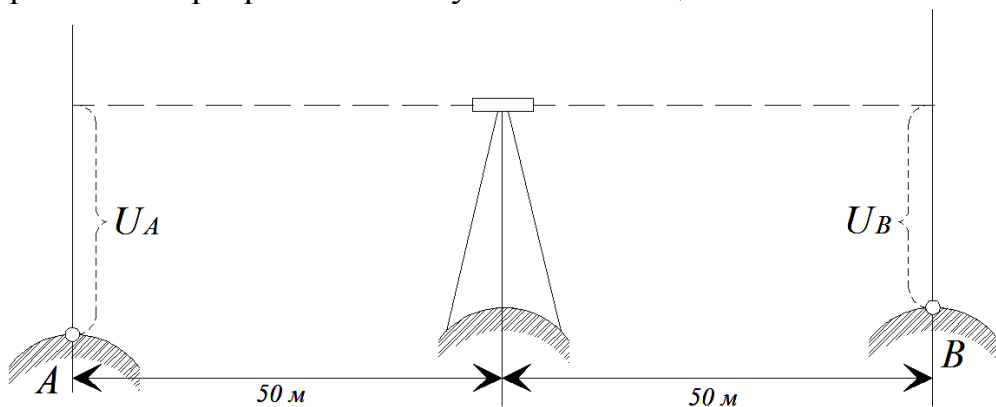


Рис. 2.11- Перевірка похибки компенсації

Нівелір встановлюють точно на середині в створі лінії  $AB$ , довжина якої 100 м.

Визначають значення перевищення за формулою (2.5) на станції за п'ять прийомів (рис. 2.11), при положеннях бульбашки круглого рівня, які показані на рисунку 2.12.

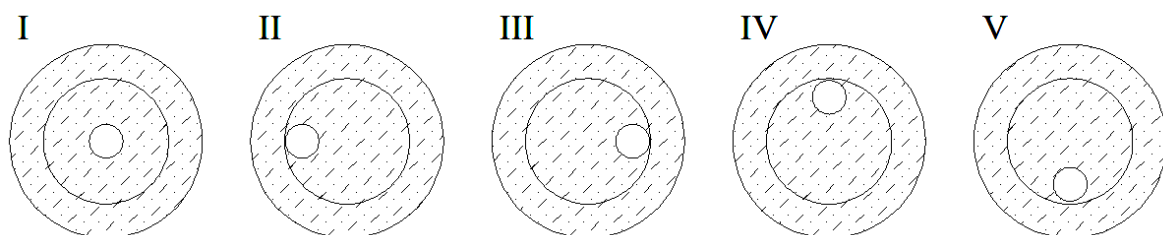


Рис. 2.12- Положення бульбашки круглого рівня при визначенні похибки компенсації

$$h = U_A - U_B. \quad (2.5)$$

Якщо значення перевищень, отримані при положеннях круглого рівня II і III, IV і V, відрізняються від перевищення при положенні рівня I більше ніж 5 мм, то прилад потребує заводського юстирування.

### **Звітні матеріали**

За результатами перевірок нівеліра робиться висновок про придатність приладу до роботи.

Матеріали перевірок оформлюють належним чином та додають до звіту з практики.

## **3. ЕЛЕМЕНТИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ**

### **3.1 Вимірювання кутів**

Вимірювання кутів виконують під час створення планових геодезичних мереж, виконання топографічного знімання, розв'язання інженерних задач при зведенні споруд.

Горизонтальним кутом називають поворот між ортогональними проекціями  $oa$  і  $ob$  ліній місцевості  $OA$  і  $OB$  у горизонтальній площині  $P$  (рис. 3.1).

За ходом годинникової стрілки від лінії  $OA$  до  $OB$  отримують лівий кут  $\beta_{\text{л}}$ , а проти годинникової стрілки – правий горизонтальний кут –  $\beta_{\text{пр}}$ . Горизонтальні кути можуть набувати значення  $0^\circ < \beta < 360^\circ$ .

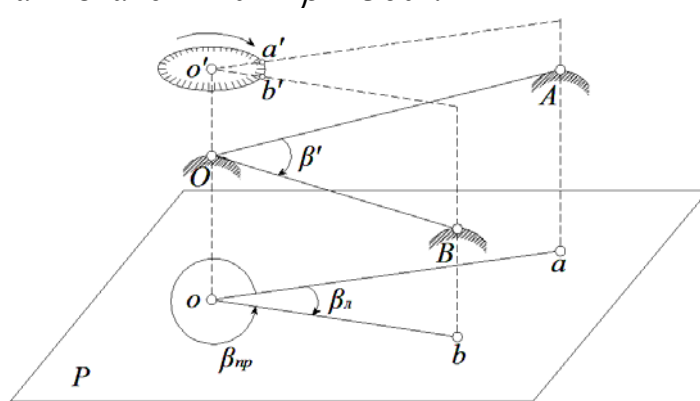


Рис. 3.1 – Схема вимірювання горизонтальних кутів

Вертикальним кутом називають поворот у вертикальній (прямовисній) площині  $Q$  лінії місцевості  $OA$  до її проекції  $Oa$  на горизонтальну площину  $P$  (рис. 3.2).

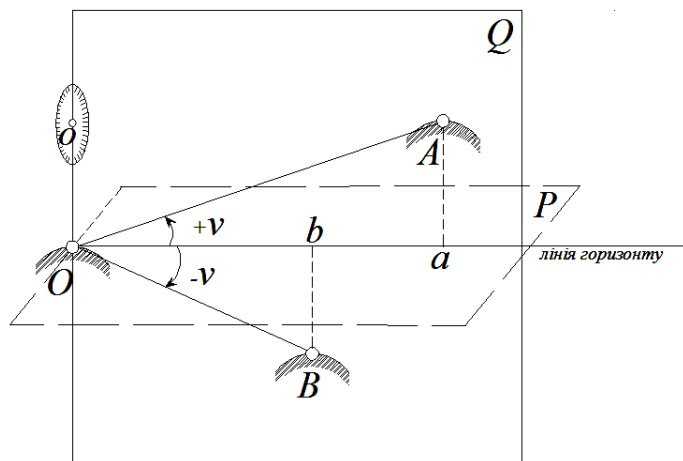


Рис. 3.2 - Схема вимірювання вертикальних кутів

Якщо лінія місцевості  $OA$  розміщена вище горизонтальної площини  $P$ , яка проходить через вихідну точку  $O$ , то вертикальний кут нахилу лінії має знак  $(+v)$ , а знак  $(-v)$  якщо лінія  $OB$  розміщена нижче горизонтальної площини  $P$ . Вертикальний кут може набувати значення  $0^\circ \leq v \leq \pm 90^\circ$ .

### 3.1.1 Вимірювання горизонтальних кутів

Горизонтальний кут вимірюють перевіреним і юстированим теодолітом між лініями місцевості, закріпленими геодезичними знаками (пунктами). Залежно від призначення та важливості геодезичні знаки закріплюють постійними центрами для тривалого зберігання: бетонні моноліти, обрізки залізничних рейок, труби тощо. Для тимчасового закріплення використовують обрізки невеликого діаметру труб та арматуру, дерев'яні кілки, цвяхи на асфальті та ін.

Для зменшення впливу похибок приладу застосовують різні методи вимірювання кутів. Під час вимірювань горизонтальних кутів технічної точності переважно використовують спосіб прийомів (напівприймів) (рис. 3.3).

У вершині кута (точка  $O$ ) встановлюють теодоліт і приводять у робоче положення. У точках  $A$  і  $B$  встановлюють віхи так, щоб їх осі були вертикальні та проходили через центри точок.

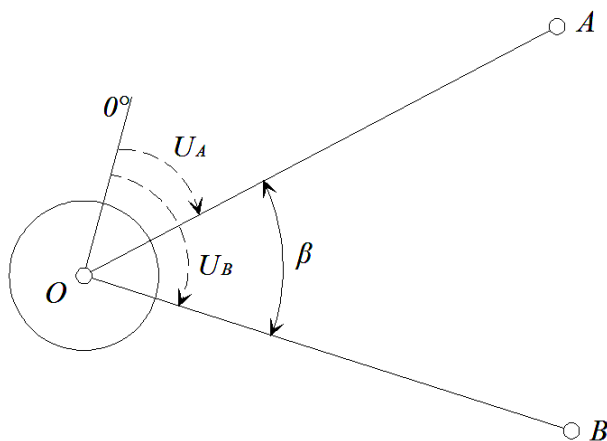


Рис. 3.3 – Схема вимірювання горизонтального кута способом прийомів

Вимірювання може бути виконане при довільному положенні лімба або при установці його в таке становище, при якому відлік на точку  $A$  буде трохи більше нуля. У другому випадку спрощується вимір кутів.

При положенні КЛ візують на точку  $A$ . Обертанням мікрометричного гвинта лімба за годинниковою стрілкою суміщають перехрестя сітки ниток з центром віхи (причому наведення робиться на нижню частину віхи). Беруть відлік  $U_A^{KL}$  з горизонтального круга і записують у журнал (табл. 3.1).

Відкріпивши алідаду так само обертанням теодоліта за ходом годинникової стрілки візують на точку  $B$  і беруть відлік  $U_B^{KL}$ . Записують у журнал. Це становить перший напівприйом.

Перевертають зорову трубу теодоліта через зеніт, зміщують відлік за лімбом горизонтального круга на  $1^\circ - 2^\circ$  обертанням мікрометричного гвинта алідади та виконують такі самі дії при положенні КП у зворотньому порядку від точки  $B$

до точки  $A$ , обертаючи теодоліт проти ходу годинникової стрілки. Беруть відліки  $U_B^{KP}$  і  $U_A^{KP}$  у другому напівприйомі. Загалом це становить один прийом.

**Таблиця 3.1 – Журнал вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів**

Дата: 18.08.2010

Погода: ясна

Видимість: добра

Теодоліт: 2Т30М № 05067

Спостерігач: Іванов І.І.

Помічник: Петров П.П.

Точка		Положення ВК	Відлік за шкалою гори- зонтального круга $U^{KL}$ і $U^{KP}$ , °′	Горизонтальний кут	
стояння	візування			Вимірняний $\beta^{KL}$ і $\beta^{KP}$ , °′	Середній $\beta_{сер}$ , °
О	А	КЛ	0° 02′	68° 13′	68°12,5′
	В		68°15′		
	А	КП	180°05′	68°12′	
	В		248°17′		

При обчисленні горизонтального кута необхідно завжди віднімати від відліків на праву точку відліки на ліву. Якщо відліки на ліву точку більші за праві, то праві відліки необхідно збільшити на 360°.

$$\beta^{KL} = U_B^{KL} - U_A^{KL}, \quad (3.1)$$

$$\beta^{KP} = U_B^{KP} - U_A^{KP}. \quad (3.2)$$

Різниця вимірних у напівприйомах кутів не повинна перевищувати величини

$$\Delta\beta = |\beta^{KL} - \beta^{KP}| \leq 2t, \quad (3.3)$$

де  $t$  – точність приладу.

Для теодоліта 2Т30М  $t = 30'$ , тобто  $\Delta\beta \leq 1'$ . При більшому розходженні виконують повторні вимірювання.

Обчислюють середній кут:

$$\beta = \frac{\beta^{KL} - \beta^{KP}}{2} \quad (3.4)$$

### 3.1.2 Вимірювання вертикальних кутів або кутів нахилу

Вимірювання вертикальних кутів або кутів нахилу візирної осі зорової труби виконується за вертикальним кругом теодоліта.

Для вертикального круга теодоліта має виконуватися така умова: при суміщенні нуля лімба зі штрихом відлікового пристрою візирна вісь зорової труби повинна займати горизонтальне положення. Дана умова не завжди виконується. А відлік по вертикальному кругу при горизонтальному положенні візирної осі зорової труби називається місцем нуля (МО) вертикального кола.

Під час точних та високоточних вимірюваннях обов'язково кут нахилу вимірюють за двох положень вертикального круга. Це дає змогу одночасно визначити значення МО та обчислити кут нахилу візирної осі труби.

Встановлюють теодоліт і приводять у робоче положення.. За положення КЛ візують на точку А і беруть відлік  $U_A^{KL}$  з вертикального круга і заносять до журналу (табл. 3.2). Відкріплюють лімб або алідаду горизонтального круга, повертають трубу через зеніт і при положенні КП так само візують на точку А. Беруть відлік  $U_A^{KP}$  з вертикального круга (рис. 3.4).

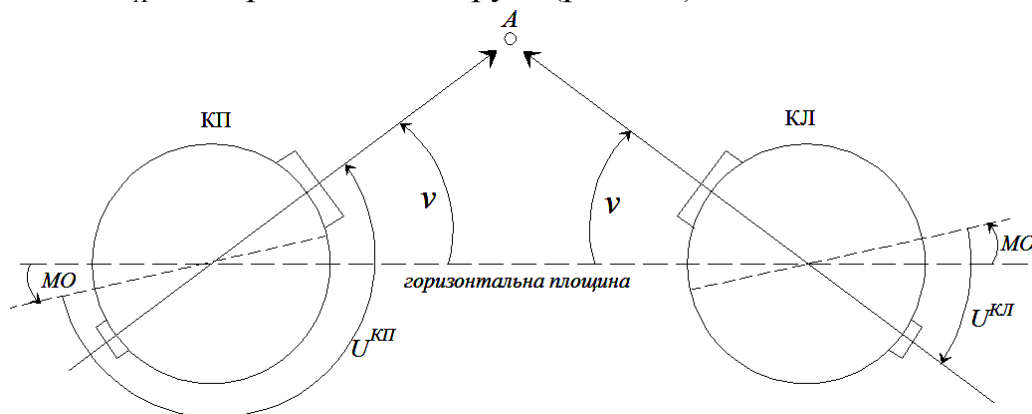


Рис. 3.4 - Схема вертикальних кутів або кутів нахилу

Кутом нахилу називають кут між горизонтальною площиною і напрямком на необхідну точку. Згідно з рисунком 3.4 отримаємо рівняння:

$$v = U^{KL} - MO, \quad (3.5)$$

$$v = MO - U^{KP} \pm 180^\circ. \quad (3.6)$$

Залежно від конструкції та серії випуску вертикальні круги теодолітів можуть мати різну оцифровку поділок. Тому змінюються формули для обчислення вертикальних кутів. Для будь-якого теодоліта конструкцію і формули обчислення МО вказано у паспорті приладу.

**Таблиця 3.2 – Журнал вимірювання вертикальних кутів**

Дата: 18.08.2010

Погода: ясна

Видимість: добра

Теодоліт: 2ТЗ0М № 05067

Спостерігач: Іванов І.І.

Помічник: Петров П.П.

Точка		Положення ВК	Відлік за шкалою вертикального круга $U^{KL}$ і $U^{KP}$ , °'	Місце нуля МО, °'	Кут нахилу $v$ , °'
стояння	візування				
О	А	КЛ	3°57'	+0° 01'	3°56'
	А	КП	176°05'		

### 3.1.3 Вимірювання магнітного азимута напрямку

Магнітні азимуты напрямків вимірюють теодолітом за допомогою орієнтир-бусолі. Для цього орієнтир-бусоль встановлюють у спеціальний паз на вертикальному колі теодоліта і закріплюють її гвинтом. Положення магнітної стрілки спостерігають у дзеркалі, якому надають потрібний ухил.

Магнітна стрілка показує напрямок магнітного меридіана, від якого відраховують магнітний азимут або румб заданого напрямку  $OA$  (рис. 3.5). Для вимірювання магнітного азимута напрямку, який вимірюють при основному положенні круга теодоліта, теодоліт з орієнтир-бусоллю встановлюють над вихідною точкою і приводять його в робочий положення. З'єднують нульові штрихи лімба і алідади, закріплюють алідаду, відкріплюють лімб і, звільнивши магнітну стрілку бусолі, орієнтують зорову трубу на північ. Закріпивши лімб, його навідним гвинтом домагаються точного збігу північного кінця магнітної стрілки з нульовим штрихом шкали бусолі. При цьому положенні забезпечується збіг нульових штрихів бусолі і лімба з північним напрямком магнітного меридіана. Відкріплюють алідаду і орієнтують зорову трубу теодоліта на заданий напрям. Потім беруть відлік по горизонтальному колу, який відповідає магнітному азимуту напрямку. У необхідних випадках вимірювання повторять декілька разів.

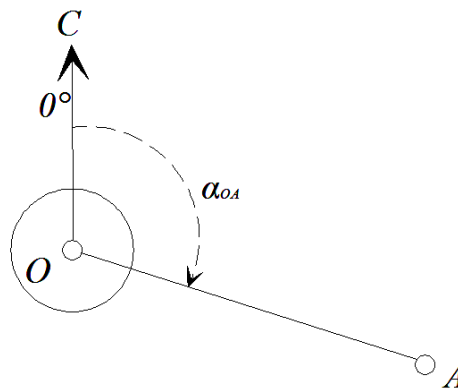


Рис. 3.5 – Схема вимірювання магнітного азимуту напрямку

### 3.2. Вимірювання довжин ліній

Вимірювання довжин ліній використовується під час топографічних знімань місцевості, виконання вишукувальних робіт для проектування та у ході зведення інженерних споруд.

Кінцеві точки ліній надійно закріплюють постійними та тимчасовими ґрунтовими, а на забудованій території і постійними, знаками.

Вимірювання ліній виконується практично при виконанні всіх видів геодезичних робіт. Залежно від наявності приладів, вимог точності, умов місцевості лінії вимірюють такими способами:

- прямим, або безпосереднім, способом за допомогою мірних стрічок, рулеток, підвісних мірних дротів та інших лінійних приладів;
- непрямым, або посереднім, способом за допомогою ниткових віддалемірів та електронних приладів (світло- та радіовіддалемірів), геометричних побудов фігур на місцевості.

### 3.2.1 Вимірювання довжин ліній мірною стрічкою

Вимір лінії  $AB$  роблять два мірники: задній і передній. В точці  $A$  встановлюють теодоліт і візують на віху у точці  $B$ . Закріплюють лімб і алідаду горизонтального круга.

Задній вимірювач прикладає нульовий штрих мірної стрічки до центра початкової точки  $A$ , а передній вимірювач кінець стрічки укладає у створі візирної осі зорової труби теодоліта. Стрічку натягують і передній вимірювач шпилькою фіксує її кінцеву поділку. Далі задній вимірювач переходить до закріпленої шпильки й аналогічно виконується укладання стрічки у другому прольоті і т.д.

Наприкінці лінії між останньою шпилькою і кінцевою точкою  $B$  вимірюють залишок  $r$  стрічкою з точністю до 1 см (рис.3.6). Довжину  $D$  лінії обчислюють за формулою (3.9):

$$D = n \cdot l_0 + r, \quad (3.9)$$

де:  $l_0$  - номінальна довжина стрічки;  
 $n$  - число повних відкладень стрічки;  
 $r$  - залишок.

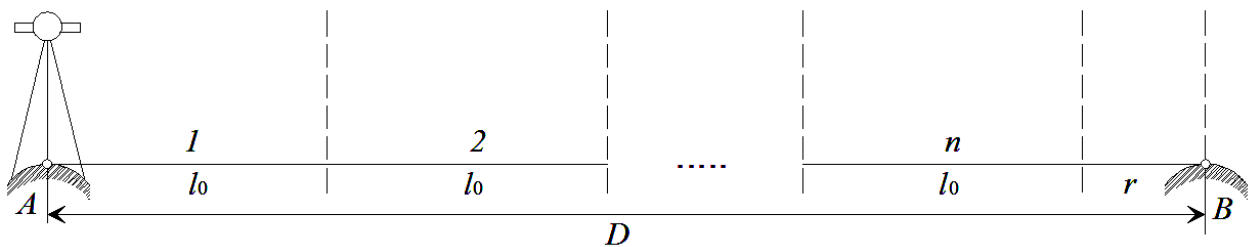


Рис. 3.6 - Вимірювання довжин ліній мірною стрічкою

Для контролю лінія обов'язково вимірюється у зворотному напрямку чи другий раз у прямому. Результати вимірювання заносяться до журналу вимірювання довжин ліній (табл. 3.3), котрий часто суміщають з журналом вимірювання кутів.

За кінцевий результат беруть середнє значення  $D_{сер}$ , якщо розходження між двома результатами вимірювань  $D_{пр}$  та  $D_{зв}$  не перевищує заданої відносної похибки 1/2000. Тобто

$$\frac{D_{пр} - D_{зв}}{D_{сер}} \leq \frac{1}{2000}. \quad (3.10)$$

Якщо умова не виконується, то вимірювання довжини лінії повторюють.

На місцевості вимірюють як горизонтальні, так і нахилені лінії. Під час складання карт, розпланування та зведення споруд треба знайти їх горизонтальні прокладення. Для визначення горизонтальної проекції лінії на місцевості вимірюють за допомогою теодоліта чи екліметра кут нахилу всієї лінії чи окремих її частин, довжини яких фіксують при вимірюванні стрічкою (рис. 3.7).

При використанні теодоліта з точки  $A$  візують на мітку віхи так, щоб її висота від поверхні землі дорівнювала висоті встановленого теодоліта.

Коли маємо лінію місцевості, яка розділена перешкодою (річкою, болотом, яром, тощо), то використовують непрямий спосіб вимірювання.

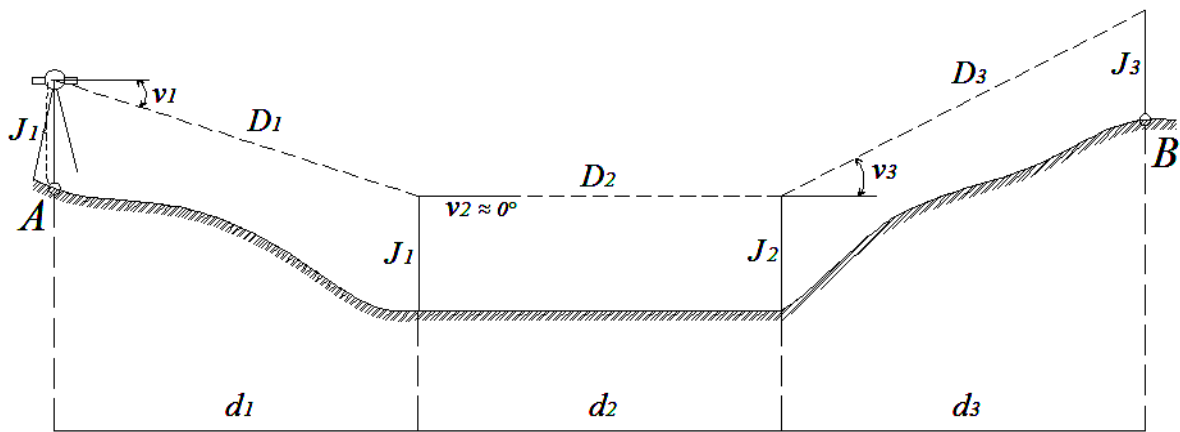


Рис. 3.7 - Визначення горизонтальних прокладань

Горизонтальну довжину  $d$  обчислюють на мікрокалькуляторі за формулою (3.11):

$$d_j = D_j \cdot \cos v_j. \quad (3.11)$$

### Таблиця 3.3– Журнал вимірювання довжин ліній

Дата: 21.08.2010

Погода: ясна

Видимість: добра

Теодоліт: 2T30M № 05067

Спостерігач: Іванов І.І.

Помічник: Петров П.П.

Назва лінії	Виміряна довжина лінії $D$ , м	Кут нахилу лінії (або перевищення) $v$ , °'	Горизонтальне прокладення $d$ , м
AB	165,38 <u>165,42</u> 165,40	0°52'	165,38

### 3.2.2 Вимірювання ліній нитковим віддалеміром

Нитковий віддалемір складається з двох віддалемірних ниток (штрихів), паралельних середньої нитки сітки труби теодоліта або нівеліра.

Для вимірювання лінії  $AB$  теодоліт встановлюють у точці  $A$ , приводять у робоче положення і візують на рейку, встановлену в точці  $B$ .

Зорову трубу наводять на рейку приблизно на висоту приладу так, щоб нижня віддалемірна нитка була поєднана з круглим відліком  $U_n$  (наприклад,  $U_n = 1000$ ) і беруть відлік  $U_v$  по верхній віддалемірній нитці (рис. 3.8).

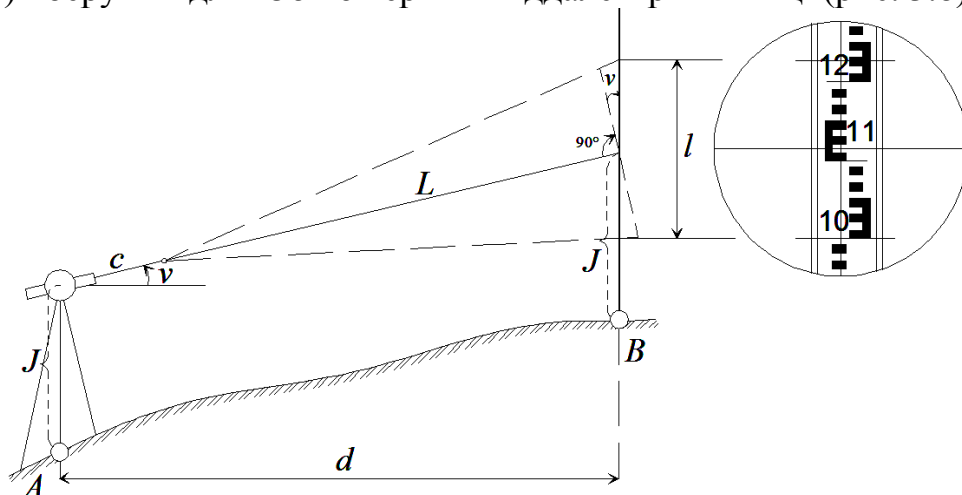


Рис. 3.8 – Схема вимірювання ліній нитковим віддалеміром



Віддалемірну відстань  $L$  обчислюють за формулою (3.12):

$$L = K \cdot l + c, \quad (3.12)$$

де  $K$  - коефіцієнт віддалеміра ( $K = 100$ );  $c$  - постійна ниткового віддалеміра (у теодоліта 2Т30М  $c = 0,1$  м);  $l$  - число поділок.

Відліки беруть до 0,1 сантиметрової поділки, що дорівнює відстані на місцевості 0,1 м. Відносна точність визначення довжини ліній нитковим віддалеміром становить 1:200 - 1:500.

При похилому положенні візирної осі приладу, представлене на рис. 3.8, видно, що при куті нахилу візирної осі до горизонту  $\nu$ , вертикальна рейка буде відхилена від нормалі до візирної осі на кут  $\nu$ . Тому при використанні ниткового віддалеміра теодоліта горизонтальна проекція  $d$  ліній місцевості визначається за формулою (3.13):

$$d = L \cdot \cos^2 \nu, \quad (3.13)$$

де  $L$  – віддалемірна відстань;  $\nu$  – кут нахилу.

*Приклад:*  $U_n = 1000$  мм,  $U_v = 1227$  мм,  $\nu = 1^\circ 30'$ .

$$L = 100 \cdot (1227 - 1000) + 100 = 22800 \text{ мм} = 22,8 \text{ м}, \quad d = 22,8 \cdot \cos^2 1^\circ 30' = 22,78 \text{ м}.$$

### 3.3. Визначення перевищень

Перевищенням називають різницю висот точок земної поверхні або будівельних конструкцій. На місцевості перевищення між заданими суміжними точками визначають за допомогою нівелювання.

Нівелювання – вид геодезичних робіт для вимірювання перевищень між точками земної поверхні чи споруд.

За методами розрізняють такі види нівелювання:

- 1) Геометричне – використовується принцип горизонтальності візирного променя зорової труби;
- 2) Тригонометричне – використовується принцип нахилоного променя зорової труби;
- 3) Гідростатичне – ґрунтується на властивості вільної поверхні рідини знаходитися на однаковому рівні у сполучених посудинах;
- 4) Барометричне – ґрунтується на залежності атмосферного тиску від висоти
- 5) Стереοфотограмметричне – ґрунтується на властивостях стереοметричної зйомки об'єктів.

В інженерно-будівельній справі переважно використовується геометричне, тригонометричне та гідростатичне нівелювання. Геометричне нівелювання зручне для використання і забезпечує необхідну точність вимірювання перевищень як під час виконання геодезичних робіт, так і під час розв'язання інженерних задач при зведенні споруд. Тригонометричне нівелювання використовується для знімання планово-висотного положення точок, зазвичай при побудові плану місцевості, зйомці положення дерев тощо. Гідростатичне нівелювання виконують на тих об'єктах, де неможливо одночасно спостерігати обидві точки.

### 3.3.1 Визначення перевищень методом геометричного нівелювання

#### Метод геометричного нівелювання із середини

Між закріпленими точками місцевості  $A$  і  $B$  встановлюють нівелір так, не обов'язково у створі, але обов'язково на однаковій відстані від них. У точках  $A$  і  $B$  вертикально встановлюють рейки (рис. 3.9). Таке положення нівеліра і рейок при нівелюванні називається станцією. Нівелір приводять в робоче положення. Візують на задню рейку в точці  $A$  (і приводять бульбашку рівня до нуль-пункту еліваційним гвинтом в нівелірах з циліндричним рівнем). Беруть відлік  $U_A^q$  за чорною стороною рейки та  $U_A^k$  за червоною, записують відліки до журналу геометричного нівелювання (табл. 3.4).

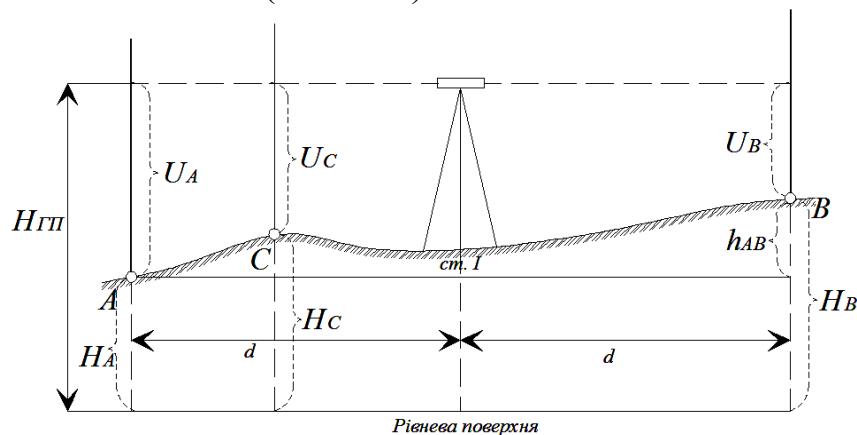


Рис. 3.9 – Схема геометричного нівелювання із середини

Повертають зорову трубу на передню точку  $B$  і так само беруть відліки  $U_B^q$  і  $U_B^k$ . Візують на проміжну точки  $C$  і беруть відлік  $U_C^q$  тільки за чорною стороною рейки.

Значення перевищень  $h$  обчислюють як різницю відліків за задньою та передньою рейках з чорних і червоних боків рейок, тобто:

$$h_{AB}^q = U_A^q - U_B^q, \quad (3.14)$$

$$h_{AB}^k = U_A^k - U_B^k. \quad (3.15)$$

Якщо розбіжність між перевищеннями не перевищує  $\pm 5$  мм, то обчислюють їх середнє значення, яке заокруглюють до цілого парного числа.

$$h_{AB} = \frac{h_{AB}^q + h_{AB}^k}{2}. \quad (3.16)$$

Якщо значення перевищень відрізняються більше як на  $\pm 5$  мм, то всі записи в журналі закреслюють, а вимірювання повторюють.

Якщо відома висота  $H_A$  задньої точки  $A$ , то висота  $H_B$  передньої точки  $B$  визначається за формулою (3.17):

$$H_B = H_A + h_{AB}. \quad (3.17)$$

Висоту горизонту приладу  $H_{ГП}$  (візирного променя нівеліра) обчислюють за формулою (3.18):

$$H_{ГП} = H_A + U_A^q \text{ або } H_{ГП} = H_B + U_B^q. \quad (3.18)$$

Тоді висоту проміжної точки  $C$  можна визначити як

$$H_C = H_{ГП} - U_C^q. \quad (3.19)$$

### Таблиця 3.4 – Журнал геометричного нівелювання

Дата: 22.08.2010

Погода: ясна

Видимість: добра

Теодоліт: H10КЛ № 02543

Спостерігач: Іванов І.І.

Помічник: Петров П.П.

№ станції	Назва точки	Відлік за шкалою рейки, мм			Перевищення, мм		Горизонт приладу $H_{ГП}, м$	Висота точки $H, м$
		Задній $U_3^q \ U_3^k$	Передній $U_{II}^q \ U_{II}^k$	проміжний $U_{III}^q$	Виміряне $h^q, h^k$	Середнє $h_{сер}$		
I	A	0440					110,455	110,015
		5220			-1640	-1639		
	B		2080		-1638			108,376
			6858					
	C			1144				109,311

#### Метод геометричного нівелювання вперед

При нівелюванні вперед у точці  $A$  встановлюють нівелір а в точці  $B$  – рейку. Приводять нівелір у робоче положення. Беруть відлік за рейкою  $U_B^q$  та вимірюють висоту нівеліра  $J_A$  (рис 3.10).

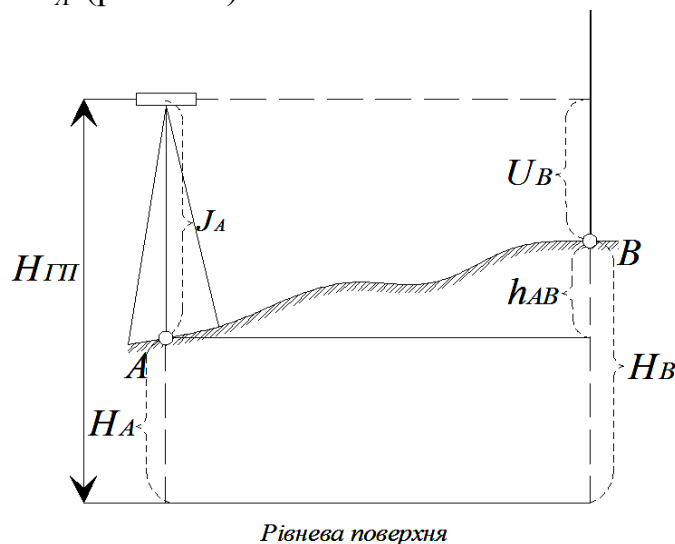


Рис. 3.10 – Схема геометричного нівелювання вперед

Шукане перевищення  $h_{AB}$  обчислюють за формулою (3.20):

$$h_{AB} = J_A - U_B^q. \quad (3.20)$$

Відповідно обчислюють висоту горизонту приладу та висоту точки  $B$ :

$$H_{ГП} = H_A + J_A, \quad (3.21)$$

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (3.22)$$

або

$$H_B = H_{ГП} - U_B^q. \quad (3.23)$$

Метод нівелювання вперед та обчислення позначок точок через горизонт приладу  $H_{ГП}$  широко застосовується в інженерно-будівельній справі для визначення позначок декількох точок з однієї установки нівеліра.

### Складне, або послідовне нівелювання

Визначаючи перевищення між точками на великих відстанях або великі перевищення на крутих схилах місцевості, застосовують складне, або послідовне, нівелювання (рис 3.11).

Між кінцевими точками  $A$  і  $B$  тимчасово закріплюють так звані іксові точки  $x_1, x_2, \dots, x_n$  за допомогою дерев'яних кілків, башмаків тощо. Виконують нівелювання із середини між усіма суміжними точками і отримують відліки. Перевищення між суміжними точками визначають за формулою (3.24):

$$h_i = U_{\text{з}} - U_{\text{п}}. \quad (3.24)$$

Загальне перевищення між точками  $h_{AB}$  обчислюють за формулою (3.25):

$$h_{AB} = \sum_1^n h_i. \quad (3.25)$$

Отримане перевищення  $h_{AB}$  контролюють за допомогою формули (3.26):

$$h_{AB} = \sum_1^n U_{\text{з}} - \sum_1^n U_{\text{п}}. \quad (3.26)$$

Висоту точки  $B$  обчислюють за формулою (3.14). Якщо між суміжними точками лінії  $AB$  є точки, для яких необхідно визначити позначку, то для них використовують нівелювання вперед, а значення позначки обчислюється за формулою (3.23).

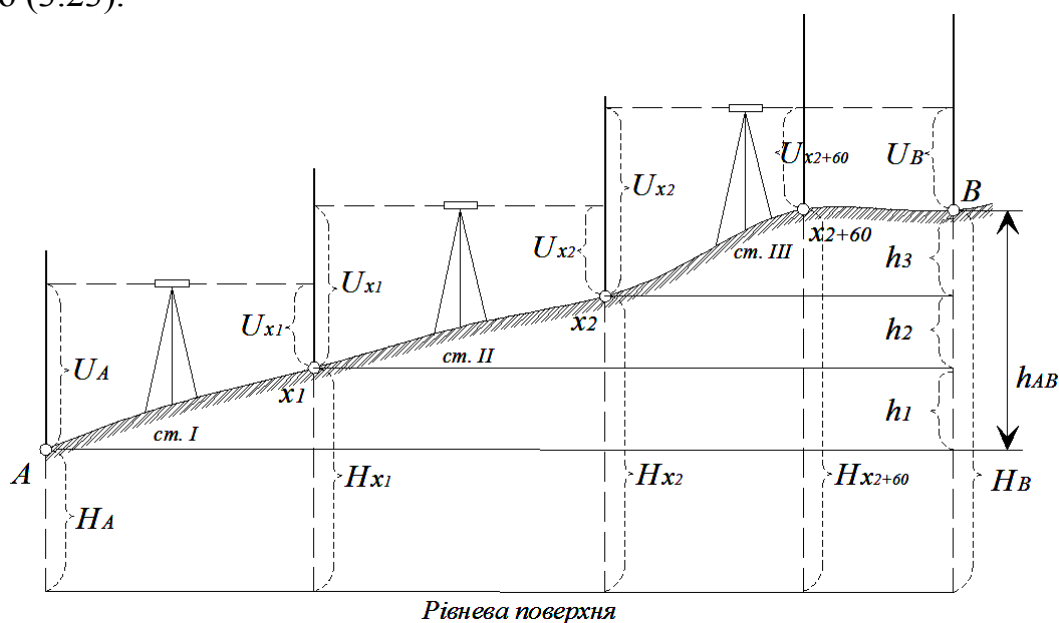


Рис. 3.11 – Схема послідовного геометричного нівелювання

### 3.3.2 Визначення перевищень методом тригонометричного нівелювання

Тригонометричне нівелювання менш точне, ніж геометричне, але широко застосовується при топографічних зніманнях місцевості та під час розв'язання різних інженерних задач, оскільки дозволяє швидко визначити перевищення довільних точок на значній відстані.

У тригонометричному нівелюванні використовується принцип нахилого візирного променя. Перевищення  $h_{AB}$  визначають як функцію виміряних на місцевості за допомогою теодоліта кута нахилу  $\nu$  і відстані  $d$  до заданої точки.

Встановивши в робоче положення теодоліт над точкою  $A$ , вимірюють висоту приладу  $J$  за рейкою (рис. 3.12). Наводять зорову трубу на встановлену в точці  $B$  рейку середньою лінією сітки на відлік  $V$  (для спрощення подальших розрахунків доцільно візувати на висоту приладу, тобто  $J = V$ ) і вимірюють вертикальний кут  $\nu$  (див. п.п. 3.1.2).

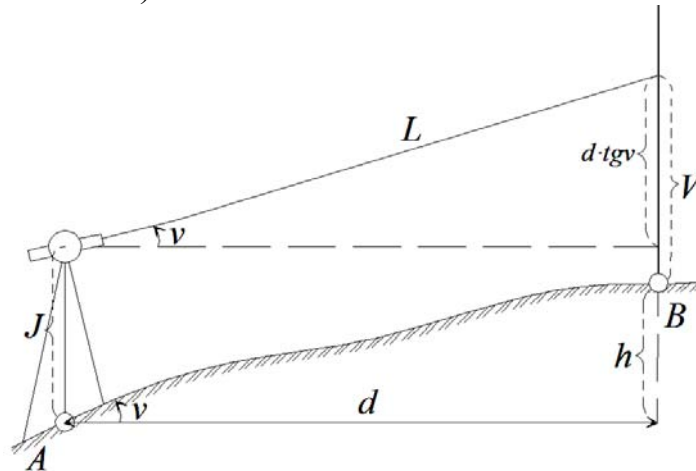


Рис. 3.12 – Схема тригонометричного нівелювання

Нитковим віддалеміром вимірюють нахилenu відстань  $L$  та обчислюють горизонтальне прокладення  $d = L \cdot \cos^2 \nu$  (див. п.п. 3.2.2).

Шукане перевищення  $h$  обчислюють за формулою (3.27):

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \nu + J - V, \quad (3.27)$$

та при  $J = V$ :

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \nu, \quad (3.28)$$

де  $d$  – горизонтальне прокладення,  $\nu$  – кут нахилу,  $J$  – висота приладу,  $V$  – висота візування.

Контролем вимірювань і обчислень є одержання значень перевищень  $h$  при двох висотах візування на рейку  $V$  або визначення перевищення в прямому та зворотному напрямку. Розходження між ними має бути менше ніж  $0,04 \cdot S$ , де  $S$  – довжина лінії в сотнях метрів.

Висоту точки розміщення рейки  $H_B$  обчислюють за формулою (3.29):

$$H_B = H_{ct} + h, \quad (3.29)$$

де  $H_{ct}$  – висота станції (висота точки  $A$ ).

## 4 ПОБУДОВА ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ ДЛЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ЗНІМАНЬ

### 4.1 Проектування теодолітного ходу та закріплення точок ходу

#### Вивчення ділянки місцевості

Ділянку місцевості, що підлягає зйомці, і її межі вказує бригаді керівник практики. При вивченні ділянки місцевості визначають склад об'єктів місцевості, положення яких необхідно буде визначити під час зйомки.

Згідно з інструкцією з топографічного знімання (ГКНТА-2.04-02-98) на топографічних планах масштабу 1:500 достовірно та з потрібною точністю і деталістю відображують:

– пункти тріангуляції, полігонометрії, трилатерації, ґрунтові та стінні репери і пункти знімальної основи, які закріплені на місцевості центрами (наносяться за координатами);

– будинки та будівлі, їхні характеристики згідно з умовними знаками. Архітектурні виступи будинків і споруд відображаються, якщо величина їх на плані 0,5 мм і більше;

– промислові об'єкти – будівлі і споруди заводів, фабрик, електростанцій, лінії електропередач високої та низької напруги, колодязі і мережі підземних комунікацій (наносять на плани за наявності матеріалів виконавчого знімання або якщо є завдання на їх знімання);

– шосейні та ґрунтові дороги, стежки та ін.;

– гідрографія, об'єкти водопостачання та ін.;

– рельєф місцевості, що відображається горизонталями, позначками висот і умовними знаками ярів, ям і т. ін.;

– рослинність деревна, чагарникова, трав'яна, культурна рослинність (ліси, сади, луки та ін.), окремі дерева (якщо діаметр його стовбура 4 см і більше) і кущі;

– межі землекористувань, різні огорожі;

– власні назви населених пунктів, вулиць та інших географічних об'єктів.

Не знімають тимчасові й переносні споруди.

У цей період необхідно відшукати прилеглі до ділянки пункти геодезичної опорної мережі.

### ***Проектування теодолітного ходу***

Проектування теодолітного ходу ведуть на схематичному кресленні місцевості, складеному візуально, або безпосередньо у процесі рекогносцирування місцевості, з дотриманням наступних умов:

– положення точки теодолітного ходу треба вибирати так, щоб була гарна видимість суміжних точок ходу, і якомога більшу кількість об'єктів місцевості в радіусі 100–150 м, особливо твердих контурів, кутів капітальних будинків і т. п.; місце навколо точки повинне бути зручним для встановлення теодоліту та забезпечувати збереження точки; забороняється закріплювати точки теодолітного ходу на проїжджій частині доріг або на доріжках для пішоходів;

– лінії між точками ходу мають проходити по місцевості, найбільш рівній, твердій, незарослій, зручній для лінійних вимірів; довжина лінії ходу не повинна перевищувати 350 м і бути не меншою ніж 20 м; положення ліній повинне вибиратися з урахуванням максимального їхнього використання при зйомці предметів місцевості перпендикулярами довжиною до 20 м; довжина ходу не повинна перевищувати 1,2 км;

– кількість точок ходу повинна бути такою, щоб з них забезпечувалася зйомка всієї ділянки місцевості (і не менше кількості студентів у бригаді);

– форма теодолітного ходу визначається конкретними умовами місцевості; хід має бути, по можливості, витягнутим чи поступово змінювати напрямок; зигзагоподібна форма ходу не рекомендується; для контролю хід повинен бути зімкнутим (та якщо необхідно згустити точки знімальної основи – всередині полігону проклада-

ють діагональний хід) чи розімкненим, але спиратися кінцями на пункти геодезичної опорної мережі; висячий хід з однією точкою повороту допускається довжиною до 100 м на забудованій і до 150 м на незабудованій території.

### ***Закріплення точок ходу***

Точки знімальної основи закріплюють тимчасово, на період виконання робіт, за допомогою дерев'яних кілків, обрізками арматури, металевих стержнів забитих у рівень із землею. На забудованих територіях використовують забиті в асфальт залізничні костилі, цвяхи та ін. Точку ходу позначають на верхньому торці кілка вбитим цвяхом, точкою перетину прокреслених діагоналей і підписують порядковий номер точки та бригаду.

### ***4.2 Вимірювання горизонтальних кутів і сторін теодолітного ходу***

*Прилади та приладдя: теодоліт, штатив, від віс, 2 вішки, мірна стрічка, рейка.*

Перед початком робіт мають бути виконані всі перевірки приладів.

Зазвичай вимірюють внутрішні кути полігону. Якщо хід прокладений за годинниковою стрілкою, то вимірюють праві по ходу кути. Якщо хід прокладений проти годинникової стрілки, то вимірюють ліві по ходу кути.

На кожній станції теодоліт приводять у робоче положення. У задній і передній точках теодолітного ходу встановлюються віхи. Для послаблення впливу похибок вимірювання кутів необхідно ретельно центрувати прилад над точкою, центр сітки ниток труби наводити на середину низу віхи.

Горизонтальні кути вимірюються способом прийомів з перестановкою лімба перед другим напівприйомом на  $1^{\circ}$ – $2^{\circ}$ . Відлік по горизонтальному колу (градуси, хвилини і десяті частки хвилини) беруть спочатку на передню, а потім задню точки та заносять до відповідної граfi «Журналу вимірювання кутів і довжин ліній». Розбіжності значень кутів із напівприймів не мають перевищувати подвійної точності приладу. За кінцевий результат приймають середнє арифметичне значення кута з двох напівприймів.

Остаточне судження про якість виміру всіх кутів ходу дає значення кутової нев'язки ходу, що має бути менше  $f_{\beta \text{ доп}} = 1' \cdot \sqrt{n}$ , де  $n$  – кількість кутів.

Паралельно з вимірюванням горизонтальних кутів вимірюються сторони теодолітних ходів. Вимір лінії стрічкою з точністю до 1 см. Вимірювання сторін теодолітного ходу треба виконувати послідовним укладенням мірної стрічки у створі лінії і надавати їй однаковий натяг. Довжини сторін у теодолітних ходах вимірюють у прямому і зворотньому напрямках. Результати вимірювань записують до відповідної граfi відомості.

Різниця прямого і зворотного вимірювання, віднесена до середньої довжини лінії, не повинна бути більше 1:2000, в іншому випадку лінію необхідно виміряти заново. За остаточну довжину сторони ходу приймають середнє арифметичне.

Для визначення горизонтальної проекції лінії на місцевості вимірюють за допомогою теодоліта кут нахилу всієї лінії чи окремих її частин, довжини яких фіксують під час вимірювання стрічкою. Шляхом наведення зорової труби на мітку, яка відповідає висоті приладу по рейці, яка встановлюється в кінці лінії, беруть відлік при КЛ по вертикальному колу. Тоді  $v = U^{KL} - MO$ .

Закінчивши вимірювання та обчислення кутів та сторін на станції, прилад переносять на наступну станцію, де загальний порядок спостережень повторюється.

Вихідними даними для обчислювальної обробки теодолітного ходу є дирекційні кути ліній і координати точок опорної геодезичної мережі, до яких геодезично прив'язаний теодолітний хід. За відсутності пунктів опорної мережі в районі робіт хід орієнтується за магнітним азимутом однієї сторони, і обчислення роблять в умовній системі координат.

#### **4.3 Прокладання ходу технічного нівелювання по точкам теодолітного ходу**

*Прилади та приладдя: нівелір, штатив, 2 рейки.*

Перед початком польових вимірювань бригада виконує перевірки та юстування приладів.

Для визначення висот точок теодолітного ходу на місцевості прокладають замкнений хід геометричного нівелювання, у який, як сполучні точки, включають точки теодолітного ходу, і геодезично прив'язують до вихідних реперів. Керівник практики називає студентам номер і позначку вихідного реперу.

Відстань від приладу до рейки має бути 5–100 м.

Нівелір установлюють на рівних відстанях між двома сполучними точками і приводять у робоче положення. На сполучні точки встановлюють прямовисно рейки, беруть відлік по чорній та червоній сторонах задньої і передньої рейки горизонтальним штрихом сітки ниток та записують в графу «Журналу геометричного нівелювання». Порядок роботи на станції геометричного нівелювання детально викладено в розділі 3.6.

Різниця між відліками по червоній і чорній шкалі кожної рейки не повинна відрізнятися від величини зсуву шкал більше ніж на 4 мм (величина зсуву шкал дорівнює початковому відліку червоної шкали по п'яті рейки). Розбіжність у перевищеннях, що визначені по чорній та червоній сторонами рейок, не повинна перевищувати для кожної станції  $\pm 5$  мм.

Якщо розбіжності не перевищують допустимих значень, то рахують середнє перевищення, яке округлюють до цілих міліметрів.

Остаточне судження про якість вимірювань дає значення нев'язки перевищень ходу, що має бути менше  $f_{\text{дон}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$ , де:  $L$  – довжина ходу в км.

Звітні матеріали:

- схему ходів нівелювання;
- журнали нівелювання

#### **4.4 Математична обробка теодолітного ходу**

Обробка результатів вимірювань передбачає такі процеси:

- польові обчислення, включаючи контрольні;
- камеральну обробку, зрівнювальні обчислення та розрахунок координат.

Польові та контрольні обчислення треба робити в процесі виконання робіт для встановлення точності вимірювань і відповідності їх вимогам діючих нормативних документів.



Далі виконують камеральну обробку результатів і зрівнювальні обчислення вимірів.

Перевіряють обчислення всіх ліній і кутів у польових журналах, обчислюють горизонтальні прокладення всіх ліній.

Результати вимірювання кутів і ліній обтяжені похибками. Вирівнювання ходів полягає у визначенні допустимих нев'язок кутових та лінійних вимірювань, уведені поправок у результати вимірів та обчислення координат точок теодолітних ходів. При невиконанні контролю необхідно знайти помилку, а у разі перевищенні допусків слід повторити польові спостереження та розрахунки.

Вирівнювання виконують у спеціальній відомості, до якої виписують номери вихідних пунктів і точок теодолітного ходу в графі 1 та 12, виміряні кути  $\beta_i$  у графу 2, дирекційні кути  $\alpha$  вихідних ліній у графу 4, горизонтальне прокладання сторін ходу  $d$  у графу 5, координати  $X$  і  $Y$  вихідних пунктів до граф 10 та 11. Кути записують у градусах і округлюють до  $0,001^\circ$ , а довжини і координати до  $0,01$  м.

Далі обчислюють такі дані:

1) У графі 2 підраховують суму виміряних кутів  $\sum \beta_i$ .

2) Вираховують теоретичну суму внутрішніх кутів:

$$\sum \beta_T = 180^\circ \cdot (n - 2),$$

де  $n$  – кількість кутів.

3) Розраховують кутову нев'язку

$$f_\beta = \sum \beta_i - \sum \beta_T.$$

4) Визначають допустиму нев'язку за формулою ( ) та записують у градусах.

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1' \cdot \sqrt{n},$$

де  $n$  – кількість кутів.

5) Розподіляють кутову нев'язку на всі кути порівну з протилежним знаком. Поправки вираховують за формулою

$$\delta_{\beta i} = -\frac{f_\beta}{n}.$$

Округлюють їх до  $0,001^\circ$  та підписують над значеннями виміряних кутів у графі 2. У випадку, коли  $f_\beta$  не ділиться без залишку на  $n$ , то в кути з короткими сторонами вводять дещо (на  $0,001^\circ$ ) більші поправки.

Контроль:  $\sum \delta_{\beta i} = -f_\beta$ .

6) Виправлені значення кутів розраховують за формулою:

$$\beta_{i \text{ випр}} = \beta_i + \delta_{\beta i}$$

і записують у графу 3.

Контроль:  $\sum \beta_{i \text{ випр}} = \sum \beta_T$ .

7) За дирекційним кутом початкової сторони і виправленим значенням кутів послідовно вираховують дирекційні кути сторін теодолітного хода:

для правих кутів

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i - \beta_{i \text{ випр}} + 180^\circ,$$

для лівих кутів

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{i \text{ вунр}} - 180^\circ.$$

Оскільки дирекційний кут може мати значення  $0^\circ < \alpha < 360^\circ$ , то за інших значень треба додати або відняти  $360^\circ$ .

Контроль: отриманий унаслідок розрахунків дирекційний кут кінцевої сторони повинен дорівнювати куту вихідної сторони.

Отримані значення дирекційних кутів сторін теодолітного ходу виписують в графу 4.

8) У графі 5 відомості підраховують довжину ходу  $P = \sum d_i$ .

9) За значеннями дирекційних кутів (графа 4) і довжинами сторін (графа 5) обчислюють прирости координат кожної сторони теодолітного ходу за формулами:

$$\Delta X = d_i \cdot \cos \alpha_i, \quad \Delta Y = d_i \cdot \sin \alpha_i$$

і, округлюючи отримані значення до  $0,01$  м, записують до 6 та 7 графи.

10) Далі вираховують суми приростів координат  $\sum \Delta X$  (графа 6),  $\sum \Delta Y$  (графа 7).

11) Визначають теоретичну суму приростів

$$\sum \Delta X_T = X_K - X_{II}, \quad \sum \Delta Y_T = Y_K - Y_{II},$$

де  $X_K, Y_K, X_{II}, Y_{II}$  - координати кінцевої та початкової точок ходу відповідно.

Для замкненого теодолітного ходу, коли  $X_K = X_{II}$  та  $Y_K = Y_{II}$  отримують значення  $\sum \Delta X_T = 0$  та  $\sum \Delta Y_T = 0$ .

12) Нев'язки прирістів координат знаходять за формулами:

$$f_x = \sum \Delta X - \sum \Delta X_T, \quad f_y = \sum \Delta Y - \sum \Delta Y_T.$$

Тому  $f_x = \sum \Delta X$  і  $f_y = \sum \Delta Y$ .

13) Визначають абсолютну лінійну та відносну невязку ходу:

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

Невязку вважають допустимою, коли вона не перевищує 1:2000 довжини ходу, тобто

$$f_{відн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{1}{P/f_{abc}} \leq \frac{1}{2000}.$$

14) Після задовільного результату перевірки невязки на допустимість, її розподіляють пропорційно довжинам сторін  $d_i$ . Для цього розраховують поправки за формулами:

$$\delta_{Xi} = -d_i \frac{f_x}{P}, \quad \delta_{Yi} = -d_i \frac{f_y}{P}.$$

Поправки округлюють до  $0,01$  м і виписують зі своїм знаком над відповідними приростами у графах 6 і 7.

Контроль:  $\sum \delta_{Xi} = -f_x$ ,  $\sum \delta_{Yi} = -f_y$ .

Якщо сума поправок з протилежним знаком відрізняється від величини невязки на  $0,01$  або  $0,02$  м, до приростів довшої сторони вводять дещо (на  $0,01$  м) більші поправки.

15) Виправлені значення прирістів координат визначають за формулами:

$$\Delta \bar{X}_i = \Delta X_i + \delta_{Xi}, \quad \Delta \bar{Y}_i = \Delta Y_i + \delta_{Yi},$$

і записують в графі 8 та 9.

Контроль:  $\sum \Delta \bar{X}_i = \sum \Delta X_T = 0$  та  $\sum \Delta \bar{Y}_i = \sum \Delta Y_T = 0$ .

16) За виправленими значеннями приростів вираховують координати точок теодолітного ходу починаючи від вихідної вершини з відомими координатами

$$X_{i+1} = X_i + \Delta \bar{X}_i, \quad Y_{i+1} = Y_i + \Delta \bar{Y}_i.$$

Отримані значення координат послідовно виписують у графі 10 та 11.

Контроль: отримані внаслідок обчислень координати кінцевої точки повинні дорівнювати вихідним координатам.

Далі складають геометричну схему ходу – документ, який узагальнює результати польових вимірювань та попередніх вирахувань та містить дані для послідувочої обробки.

На схемі наносять:

- точки і сторони теодолітного ходу;
- напрямки на північ.

На схемі підписують:

- середні значення вимірюваних кутів;
- координати вихідних пунктів;
- горизонтальні прокладення сторін;
- дирекційні кути вихідних напрямів.

Під схемою підписують:

- суму вимірюваних кутів;
- нев'язки прирістів координат;
- теоретичну суму кутів;
- абсолютну лінійну та відносну нев'язку ходу;
- кутову нев'язку ходу та її допустиме значення;

#### 4.5 Математична обробка результатів нівелювання

Обробка результатів вимірювань передбачає такі процеси:

- польові обчислення, включаючи контрольні;
- камеральну обробку, зрівнювальні обчислення та обчислення висот.

Польові та контрольні обчислення треба робити в процесі виконання робіт для встановлення точності вимірювань і відповідності їх вимогам діючих нормативних документів.

Перевіряють обчислення перевищень за ходом у польових журналах, перевіряють обчислене перевищення як різницю сум відліків на задню (граф 3) і передню (граф 4) рейки (допустиме розходження 1 мм).

Вирівнювання ходів висотної знімальної основи виконується для зменшення впливу похибок вимірювання перевищень на точність визначення позначок точок висотної знімальної основи. При невиконанні контролю необхідно знайти помилку, а при перевищенні допусків повторити польові спостереження і розрахунки.

Вирівнювання виконують у журналі технічного геометричного нівелювання, в який виписують номери станцій в графу 1, назви точок ходу в графі 2 та 11, відліки за шкалою задньої, передньої та проміжної рейки в графі 3, 4 та 5, висоти вихідних реперів в графу 10. Обчислюють довжину ходу в кілометрах. Відліки та перевищення записують у міліметрах, з точністю до 1 мм, а висоту горизонту приладу і висоту точки до 0,001 м.

Далі обчислюють такі дані:

- 1) В графі 7 обчислюють суму середніх перевищень  $\sum h_i$ .

2) Обчислюють теоретичну суму вимірних перевищень

$$\sum h_T = H_{Rp\ K} - H_{Rp\ II},$$

де  $H_{Rp\ K}$ ,  $H_{Rp\ II}$  – позначки кінцевого та початкового вихідних реперів.

Для замкненого ходу  $\sum h_T = 0$ .

3) Нев'язку в перевищеннях вираховують за формулою

$$f_h = \sum h_i - \sum h_T.$$

Для замкненого ходу  $f_h = \sum h_i$ .

4) Допустима невязка нівелювання обчислюється за формулою

$$f_{h\ доп} = \pm 50 \cdot \sqrt{L} \text{ (мм)},$$

де  $L$  – довжина ходу в кілометрах.

Контроль: Повинна виконуватись умова  $f_h \leq f_{h\ доп}$ .

5) Розподіляють невязку на всі перевищення пропорційно числу станцій.

Для цього вираховують поправки  $\delta_{hi}$  за формулою

$$\delta_{hi} = -\frac{f_h}{n},$$

округлюють до цілих міліметрів і виписують у графу 7 над перевищеннями.

У випадку, коли  $f_h$  не ділиться без залишку на  $n$ , то виправляють деякі вводять поправки на 1 мм.

Контроль:  $\sum \delta_{hi} = -f_h$ .

6) В графі 7 визначають виправлені перевищення за формулами

$$\bar{h}_i = h_i + \delta_{hi}.$$

Контроль:  $\sum \bar{h}_i = \sum h_T$ .

7) Висоти точок ходу визначають послідовно за формулою

$$H_i = H_{i+1} + \bar{h}_i$$

і записують у графу 5.

Контроль: отримана в результаті вирахувань висота кінцевої точки повинна дорівнювати вихідному її значенню.

Далі складають геометричну схему ходу.

На схемі наносять:

- точки і сторони нівелірного ходу;
- напрямок ходу.

На схемі підписують:

- номери точок ходу;
- позначки вихідних точок;
- обчисленні середні перевищення;
- під перевищеннями поправки.

Під схемою підписують:

- суму середніх перевищень;
- теоретичну суму перевищень;
- невязку ходу та її допустиме значення.

## 5 ТОПОГРАФІЧНЕ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

### 5.1 Теодолітна (горизонтальна) зйомка

*Прилади та приладдя: теодоліт, штатив, дві нівелірні рейки, стальна 20-метрова мірна стрічка, рулетка, екер, дві вішки.*

Теодолітне знімання є методом отримання горизонтального контурного плану місцевості без рельєфу. Горизонтальне знімання можна виконувати окремо або в поєднанні зі зніманням рельєфу (вертикальне знімання) в залежності від характеру забудови і організації робіт. Теодолітну зйомку застосовують на ділянках з рівнинним рельєфом для зйомки забудованих територій.

Горизонтальне знімання забудованої території виконується від точок та ліній планово-висотної знімальної основи залежно від умов місцевості, наявності приладів, розміщення характерних точок предметів, контурів і рельєфу місцевості способами перпендикулярів, створів, лінійних засічок, кутових засічок, полярним способом та обміром будівель.

При будь-якому способі зйомки проводиться обмір будівель.

#### **Спосіб перпендикулярів**

Спосіб перпендикулярів (рис. 5.1) застосовують при зйомці предметів та контурів місцевості, розміщених на невеликій відстані вздовж ліній планової знімальної основи. Зйомку роблять зі сторін ходу. Створ точок ходу визначають за допомогою теодоліта. З характерних точок, що визначають положення контуру, на бік опускаються перпендикуляри на око при довжині перпендикуляра менше 4 м, екером – до 20 м, а при більшій відстані – теодолітом. Рулеткою вимірюють відстань від початкової точки лінії ходу до початку перпендикуляра і довжину перпендикуляра з точністю до 0,01 м до чітких контурів і до 0,1 м – до нечітких контурів. Результати заносять в абрис.

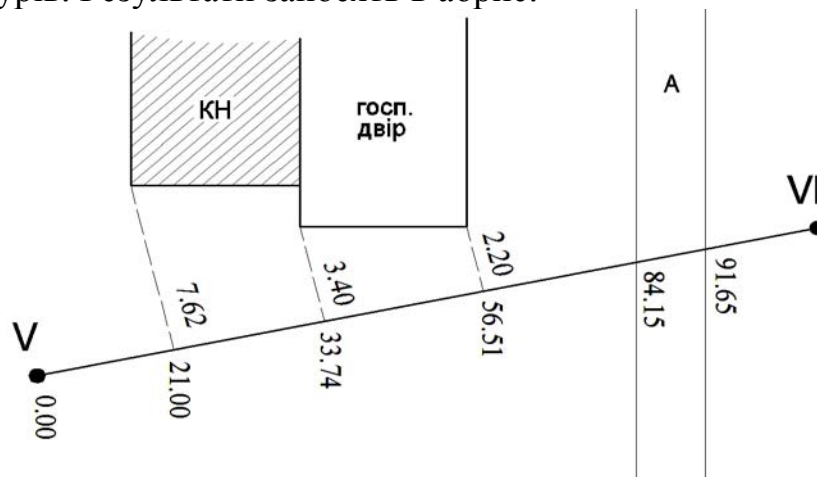


Рис. 5.1 – Зйомка способом перпендикулярів

#### **Спосіб лінійних засічок**

Спосіб лінійних (рис. 5.2) засічок застосовується в умовах місцевості, зручній для лінійних вимірювань. Положення точки контуру в цьому випадку визначається як вершина трикутника, в якому відомі довжини сторін. Ці сторони вимірюються стрічкою або рулеткою і записуються в абрис. Довжина засічок

не повинна перевищувати довжини мірного приладу, а кут засічки  $\gamma$  при точці повинен мати значення  $30^\circ < \gamma < 150^\circ$ .

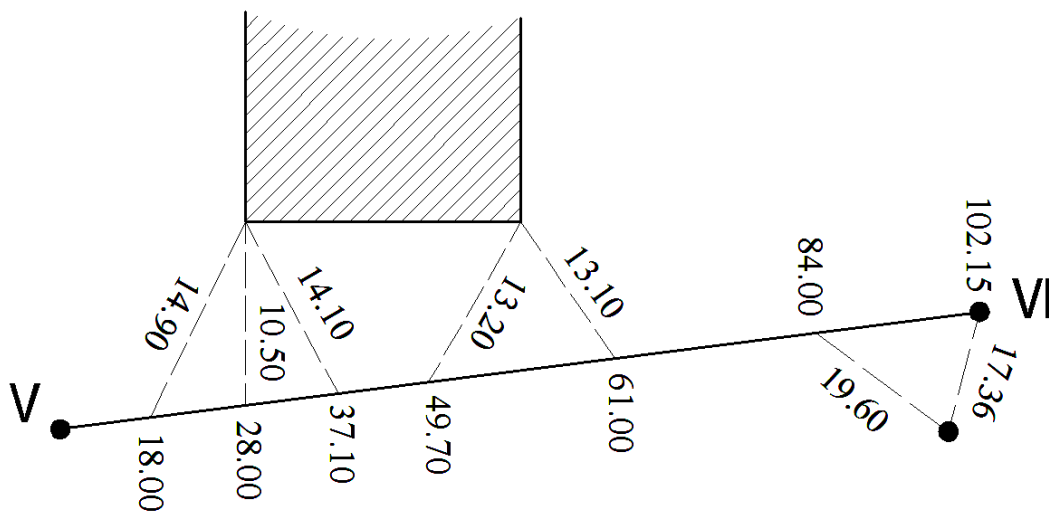


Рис. 5.2 – Зйомка способом лінійних засічок

### Спосіб створів

Спосіб створів (рис. 5.3) застосовується при зйомці точок, розташованих у створі теодолітного ходу при наявності видимості між крайніми точками. Положення знімаються точок визначають промірами відносно точок теодолітного ходу. Створ стіни будинку фіксують на лініях ходу, на стінах сусідніх будинків. Дозволяється також вести зйомку нетвердих контурів зі створеної лінії методом перпендикулярів.

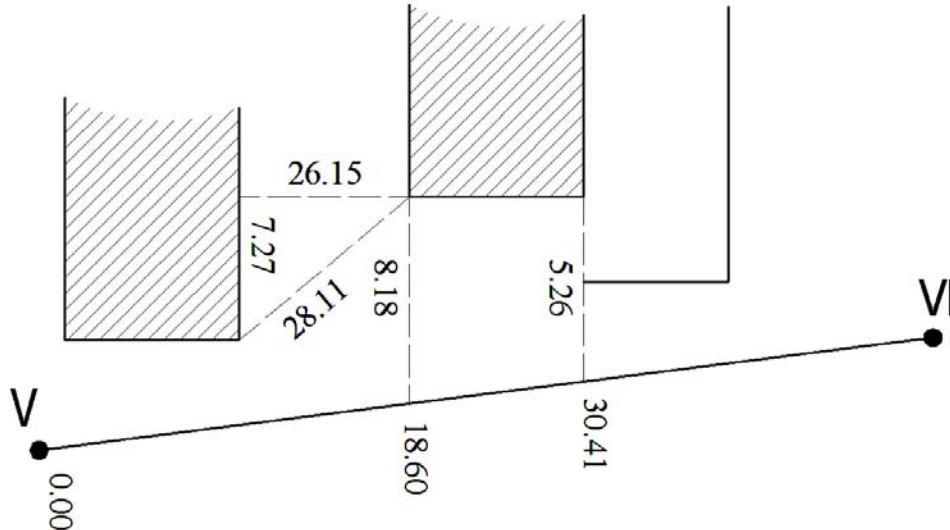


Рис. 5.3 - Зйомка способом створів

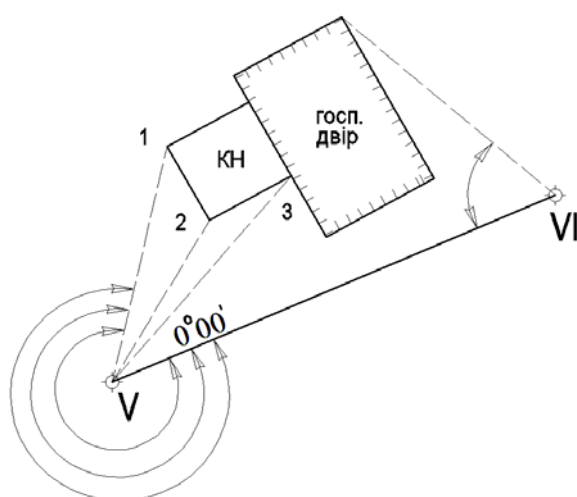
### Спосіб полярних координат

Полярний спосіб (рис. 5.4) застосовується для зйомки контурних точок досить віддалених від точок теодолітного ходу. При цьому методі теодоліт встановлюють над точкою ходу й орієнтують лімб по стороні ходу. Для цього при положенні КЛ сполучають нуль лімба й аліади, потім візують гвинтами лімба на сусідню точку ходу і закріплюють лімб. У такому випадку при наведенні за годинниковою стрілкою на точку місцевості відлік по орієнтованому ГК дорів-

нює полярному куту. Останнє наведення робиться знову на початковий напрям. Відлік при цьому не повинен відрізнятися від нуля більш ніж на 2'.

Відстані вимірюються за віддалеміром до нетвердих контурів з точністю до 0,1 м, і рулеткою до твердих контурів з точністю 0,01 м.

Результати виміру кутів і ліній заносять в журнал зйомки за номерами точок; в абрис заносять об'єкти місцевості і їхні номери.



$N_2$	$\beta$	$d$
1	00°00'	-
1	301°10'	41.86
2	326°21'	25.17
3	338°31'	37.44

Рис. 5.4 - Зйомка способом полярних координат

### Спосіб кутових засічок

Спосіб кутових засічок (рис. 5.5) застосовують в тому випадку, коли вимірювання відстані до об'єкта місцевості є важким чи недоцільним. Положення контурної точки визначається горизонтальними кутами  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  між стороною ходу та напрямками на визначену точку. Кути вимірюються теодолітом одним напівприйомом. Кут засічки  $\gamma$  повинен бути  $30^\circ < \gamma < 150^\circ$ . Цей спосіб може застосовуватися і зі створних точок, розташованих на сторонах знімального об'єкту. Допустимі значення віддалей до точки 100 м – для чітких контурів і 300 м для нечітких.

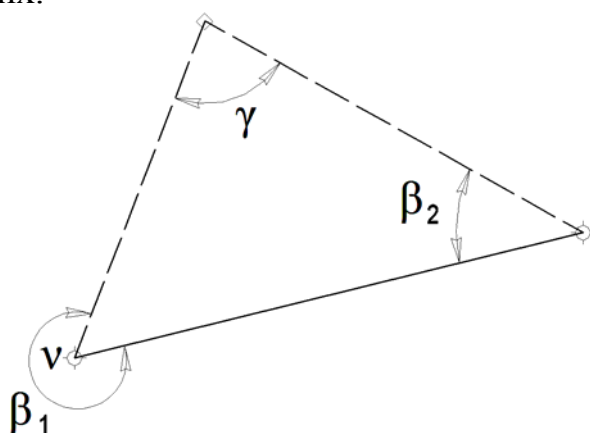


Рис. 5.5 - Спосіб кутових засічок

Обмір будівель (рис. 5.6). Обмір ведуть за допомогою рулетки з точністю до 0,01 м. При зйомці будівель і споруд показують їх поверхню та призначення, злами фасадної лінії, виступи і уступи, якщо величина їх більше 0,5 мм на плані. При обмірі будівель вимірюють також віддалі між кутами сусідніх будинків,

які використовують як контрольні проміри. За результатами обміру складають абрис, на якому початкова точка обміру будинку позначається нулем.

Під час зйомки ведуть абрис, що представляє собою креслення від руки ділянки місцевості в довільному масштабі в межах кожної лінії знімальної основи. Перерисовування абрису забороняється. У абрисі вказують вершини кутів і сторони теодолітних ходів, з яких проводиться зйомка, а також розміщення предметів і контурів з пояснювальними умовними знаками (ліс, луки, болото, характер споруд, поверховість будівель, тип покриття доріг, їхня ширина, порода лісу, середня висота, діаметр стовбура, дерев тощо) та результати вимірювань.

Спільне застосування різних способів і обмірювань будинків дозволяє якісно вести зйомку смуги забудованої території вздовж лінії теодолітного ходу.

### ***Звітні матеріали***

За результатами теодолітного знімання оформлюються абрис горизонтального знімання та результати вимірювання в польових журналах.

### ***5.2 Висотна зйомка***

Геометричним нівелюванням визначають висотне положення об'єктів місцевості, планове положення яких знайдене при горизонтальній зйомці. Висотне знімання забудованих територій у рівнинних районах виконують нівелірами або горизонтальним променем теодоліта, а в горбистій місцевості – похилим променем.

Нівелюванню підлягають всі характерні точки, але не рідше ніж через 20 м. Визначають відмітки підлоги 1 поверху капітальних будинків, вимощення на кутах будинків, цоколів будинків, колодязів, водостічних решіток та інших виходів підземних споруд, верху й низу підпірних стінок, прямоків, тротуарів, лотків, настилу мостів, урізу води у водоймі.

При нівелюванні вулиць (проїздів) розбиваються поперечні створи через 20 м і визначають висоти біля фасадної лінії, на брівці тротуару, в лотку, на брівці і дні кювету, верху й низу бордюрного каменю, осі проїзної частини.

З цією метою нівелір встановлюють в обраному місці. По рейці, встановленій на точці нівелірного ходу, беруть горизонтальним променем відлік по чорній і червоній шкалі. Потім рейку послідовно встановлюють у перераховані вище точки, беручи відліки тільки по чорній стороні рейки. При цьому ведуть абрис зйомки і журнал нівелювання.

Максимальна відстань від нівеліра до рейки не повинна перевищувати 150 м. По закінченні роботи на станції варто взяти контрольний відлік по рейці на найближчій точці нівелірного ходу.

Рисування рельєфу виконують безпосередньо в процесі знімання, а також камеральне за складеними абрисами.



### 5.3 Тахеометрична зйомка

*Прилади та приладдя: теодоліт, штатив, рулетка, нівелірна рейка, віха.*

Масштаб плану, висоту перерізу, обсяг і терміни виконання робіт видаються керівником практики.

Тахеометричне знімання застосовують як основний вид знімання (на незабудованих територіях) або в поєднанні з іншими видами для створення топографічних планів місцевості із зображенням на ньому ситуації та рельєфу (згідно з інструкцією з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500, ГКНТА-2.04-02-98, див. розділ 4.1).

Знімання проводиться з пунктів планово-висотного геодезичного обґрунтування. При зйомці ситуації рейкові точки повинні бути на всіх поворотах контуру. Контур приймають за пряму лінію в тому випадку, якщо точки відхиляються від прямої на величину не більше подвійної точності масштабу. При зйомці рельєфу рейкові точки мають бути в усіх характерних точках та розподілені рівномірно (через 2,5–3 см на плані) по всій ділянці.

При тахеометричній зйомці планове положення точок місцевості визначають полярними координатами (див. розділ 5.1), висотне положення - тригонометричним нівелюванням (див. розділ 3.7).

Для масштабу знімання 1:500 і перерізу рельєфу 0,5 м максимальна віддаль:

- між пікетами (рейковими точками) 15 м;
- від приладу до рейки при зніманні рельєфу 100 м;
- від приладу до рейки при зніманні контурів 60 м.

Порядок роботи на станції такий:

- 1) записати до журналу тахеометричної зйомки номер станції, МО;
- 2) встановити прилад в робоче положення;
- 3) виміряти рулеткою висоту приладу  $J_{cm}$  з точністю до 0,01 м. Результат записати до журналу тахеометричної зйомки. Для спрощення наступних обчислень рекомендується висоту приладу відзначити на рейці шнурком або стрічкою яскравого кольору;

4) поєднавши нуль лімба з нулем аліади при КЛ орієнтувати лімб горизонтального круга на один із суміжних пунктів геодезичного обґрунтування, записують номер пункту у графу 1 і значення горизонтального кута у графу 3;

5) за годинниковою стрілкою візують на рейку в пікетній точці (пікеті), записують її номер у графу 1. Вертикальну нитку сітки суміщають з віссю рейки, а горизонтальну – з відліком, який відповідає висоті приладу. Якщо цей відлік не видно, то середню нитку наводять на інший видимий відлік  $V$  і записують його до графи 9 тахеометричного журналу. Далі виконують такі вимірювання:

– віддалі  $D$  до пікета за допомогою віддалемірних штрихів зорової труби (доцільно нижню далекомірну нитку при цьому поєднати з початком дециметрового поділу) і записують у графу 2;

– горизонтального кута між напрямками на пікет та пункт орієнтування, записують у графу 3;

– вертикального кута, записують у графу 4;

6) після закінчення робіт на станції для контролю знову візують на початковий напрям і записують відлік по горизонтальному колу до графи 3. Розхо-

дження з початковим напрямом не повинно перевищувати почетвереній точності приладу. При великих розбіжностях спостереження на станції повторюють.

Вимірювання супроводжують веденням кроків – схематичного зображення ситуації і рельєфу місцевості в довільному масштабі на окремих для кожної станції аркушах, на якому зображуються:

- станцію стояння та орієнтування;
- взаємне розташування пікетів та їх номери (ідентичні нумерації в журналі);
- стрілками вказують напрям схилів між ними;
- об'єкти ситуації та схематично рельєф.

Рейку переносять до наступного, за годинниковою стрілкою, пікет. Описаним шляхом одержують відповідні три аргументи. І так далі.

#### **5.4 Математична обробка результатів топографічного знімання**

Обробка журналу тахеометричної зйомки починається з перевірки записів у польових журналах і абрисах. Обчислення в журналі для кожної станції проводять наступним чином.

- 1) Обчислюють кут нахилу  $\nu$  і записують у графу 5:

$$\nu = U^{KL} - MO.$$

- 2) Обчислюють горизонтальну проекцію віддалі до пікету:

$$d = L \cdot \cos^2 \nu.$$

Значення  $d$  округлюють до  $0,01$  м і записують у графу 6.

- 3) Обчислюють перевищення між станцією та пікетом з точністю до  $0,01$  м і записують у графу 7.

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \nu + J - V,$$

де  $d$  – горизонтальне прокладання сторін;  $\nu$  – вертикальний кут;  $J$  – висота інструменту;  $V$  – висота рейки.

Якщо візування проводилося на висоту інструмента, то перевищення визначають за формулою  $h = d \cdot \operatorname{tg} \nu$ .

- 4) Обчислюють відмітку пікета з точністю до  $0,01$  м і записують у графу 8.

$$H_i = H_{cm} + h_i,$$

де  $H_{cm}$  – відмітка станції, отримана з геометричного нівелювання;  $h_i$  – перевищення пікету над станцією.

#### **5.5 Складання топографічного плану місцевості масштабу 1:500**

На основі отриманих результатів необхідно виконати графічну побудову топографічного плану, де зобразити ситуацію та рельєф місцевості, в такій послідовності:

- 1) Побудувати на аркуші ватмну формату А1 координатну сітку за допомогою лінійки Ф. В. Дробишева з розміром квадратів 10 см на 10 см.

- 2) Підписати лінії координатної сітки. Значення координат ліній сітки мають забезпечувати розміщення території знімання на папері відповідно до масштабу плану.

- 3) За допомогою поперечного масштабу нанести пункти геодезичного планово-висотного обґрунтування, які використовувались при зніманні, на основі їх прямокутних координат, підписати їхні номери та в знаменнику відмітки.

4) Нанести предмети, контури та рельєфні точки за допомогою лінійок, прямокутних трикутників, вимірювачів, геодезичного транспортира та масштабної лінійки. Пікети позначити точкою, поряд з якою підписати номер пікету і його відмітку з точністю до 0,1 м.

5) Нанести контури та об'єкти ситуації у відповідності з абрисом і згідно з вимогами умовних знаків. Спочатку на план наносять всі головні будівлі і об'єкти, що мають значення орієнтирів. Правильність нанесення контурів на план контролюється процесі складання за контрольними промірами, зробленими під час знімання.

6) Провести інтерполювання та побудувати горизонталі графічним способом з допомогою палетки при висоті перерізу рельєфу 0,5 м.

7) Складений план перевіряють на місцевості, порівнюючи з натурою і проводячи контрольні виміри.

8) Чистове оформлення плану виконати в точній відповідності з "Умовними знаками для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500".

### **СПИСОК ДЖЕРЕЛ**

1. Геодезия. Учебно-практическое пособие / Куштин И.Ф. – М.: Издательство ПРИОР, 2001. – 448 с.

2. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)

3. Учебное пособие по геодезической практике / В.Ф. Лукьянов, В.Е. Новак, В.Г. Ладонников и др. – М.: Недра, 1986 – 236 с.

4. Геодезія (За загальною ред. Могильного С.Г., Войтенка С.П.) - Донецьк, 2003 р. – 458 с.

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

### до навчальної геодезичної практики

(для студентів 1 – 3 курсів денної форми навчання напрямів  
підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»,  
6.060101 «Будівництво», 6.060102 «Архітектура»)

Укладачі: **Глушенкова** Ірина Сергіївна,  
**Постоєнко** Оксана Володимирівна,  
**Умніцин** Володимир Володимирович

Відповідальний за випуск *К. А. Метешкін*

Редактор: *К. В. Дюкар*

Комп'ютерне верстання: *К. А. Алексанян*

План 2010, поз. 46 М

---

Підп. до друку 24.11.2010  
Друк на різнографі.  
Зам. №

---

---

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 2,5  
Тираж 50 пр.

---

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.